# Estudio de los parámetros hidrometeorológicos de una cuenca experimental

Jaime Massot Hernández

1983

TESIS DE LICENCIATURA

JAIME MASSOT

# ESTUDIO DE LOS PARAMETROS HIDROMETEOROLOGICOS DE UNA CUENCA EXPERIMENTAL

DIRECTOR PONENTE: CARLOS PINZON

UNIVERSIDAD SANTA MARIA LA ANTIGUA
FACULTAD DE TECNOLOGIA Y CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

1983

AGRADECIMIENTO

Al Ing. William B. Shaw, Jefe del Ramo de Meteorología e Hidrografía de la Comisión del Canal, por el apoyo logístico, moral, técnico y los aportes personales que me brindó desinteresadamente; al Ing. Carlos Pinzón, asesor de tesis, quien orientó adecuadamente este trabajo; al Ing. Jacinto Wong, especialista en computación y materiales, del Ramo de Meteorología e Hidrografía, por el asesoramiento técnico, la valiosa ayuda en el campo de la programación y su constante preocupación por esta investigación; al Sr. Frank H. Robinson, Jefe de Operaciones del Ramo de Meteorología e Hidrografía, por sus aportes personales; al Téc. Marco J. Ponce, asistente encargado del Proyecto Experimental, del Ramo de Meteorología e Hidrografía, por el asesoramiento técnico, experiencia transmitida, apoyo constante y gran interés en la continuidad de este proyecto; al Agrometeorólogo Carlos M. Villarreal, Sub-Jefe del Departamento de Agrometeorología de la Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables, por su valiosa cooperación e interés por la implementación del proyecto en diversas áreas del país; a la Sra. Barbara Stanford, Srta. Beverly Ferro y Srta. Paula Fábrega, de la División de Ingeniería de la Comisión del Canal, por su desinteresada ayuda en la redacción gramatical de esta obra; al personal de Meteorología e Hidrografía que de distinta manera han colaborado y a todas aquellas personas que de una forma u otra ayudaron a la culminación de este trabajo.

INDICE

## LISTA DE FIGURAS

## LISTA DE GRAFICAS

LISTA DE TABLAS

# INTRODUCCION

El análisis de los parámetros hidrometeorológicos en el ciclo hidrológico, no es tan sencillo como lo muestran los esquemas tradicionales. La lluvia, las inundaciones, las sequías, etc., son fenómenos naturales que se deben al conjunto de una gran variedad de factores que son ampliamente estudiados por hidrólogos y meteorólogos en todo el mundo. Estos factores han sido ampliamente investigados en países desarrollados, los subdesarrollados o con escasos recursos no poseen una información adecuada con la cual puedan planificar y tomar decisiones de importancia, para el manejo del medio ambiente físico.

Casi todos los textos y folletos hidrometeorológicos existentes poseen sus bases en climas templados, zonas con climas tropicales toman estos principios de otras regiones y lo aplican a su área en particular, es decir, no desarrollan sus propios estudios y establecen sus bases particulares.

La información hidrometeorológica en Panamá sólo trata sobre los aspectos convencionales (precipitación y escorrentía), estudios sobre evapotranspiración, humedad del suelo, intercepción, etc., son pocos, por lo tanto los datos de estos parámetros son escasos.

El efecto de la deforestación sólo se ha estudiado desde el punto de vista social y económico. Hasta la fecha no se ha realizado ningún trabajo profundo sobre sus efectos ecológicos y climáticos, los que se han llevado a cabo sobre este tema fueron basados en experiencias de otros lugares.

En una revisión hecha por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de las facilidades de control de inundaciones de la Comisión del Canal y por estudios realizados por el Ramo de Meteorología e Hidrografía, se llegó a la conclusión de que los procedimientos de predicción de inundaciones necesitan mejorarse para proveer predicciones de flujos confiables y con tiempo para dirigir con seguridad los flujos severos a los lagos. Las decisiones de operación de control de inundaciones se basan en estimaciones de la distribución superficial de la lluvia y el juicio profesional del hidrólogo.

Un mejoramiento en la predicción de flujo consiste en la utilización de programas modelos computarizados en el cual se incluyan la mayor cantidad de parámetros hidrometeorológicos de la cuenca a estudiar.

La cuenca del Río Agua Salud fue seleccionada por la Comisión del Canal de Panamá para realizar los estudios de los parámetros de mayor importancia en el ciclo hidrológico y darle respuesta a todos los problemas anteriormente mencionados.

Esta investigación nos permitirá deducir la influencia e importancia de los parámetros hidrometeorológicos fundamentales y hasta que punto son afectados por la deforestación. Además, el cúmulo de informaciones obtenidas podran servir como punto de partida para profundizar en los distintos aspectos que requiere el análisis integral de cuencas hidrográficas. Se han utilizado igualmente métodos y programas computarizados para deducir una gran cantidad de variables que de otra forma serían de muy complicada deducción.

Durante este trabajo se tratarán primeramente los aspectos generales de la cuenca experimental y las razones de escogencia (Capítulo I), esto nos ayuda a establecer en forma precisa nuestra área de trabajo y es punto de referencia en su correlación con otras regiones.

Los aspectos geomorfológicos son la base fundamental para relacionar cuencas con diferentes características, la definición de los conceptos más importantes (capítulo II) y el desarrollo de ellos en la cuenca estudiada (capítulo III), va a permitir visualizar si estos resultados son aplicables a otras cuencas.

La esencia del estudio se basa en los parámetros hidrometeorológicos; sus fundamentos y metodología de estudio (capítulo IV), nos darán elementos para interpretar lógicamente los resultados y analizar la veracidad de toda la teoría expuesta (capítulo V).

Debido a la dificultad en la elaboración de mediciones sobre sedimentación dentro de la cuenca del Río Agua Salud y por la vital importancia de este fenómeno en la actualidad, se incluye un estudio y análisis completo realizado en base a la cuenca del lago Alahuela.

Es muy importante señalar finalmente, que este tipo de estudio experimental a nivel de microcuencas es el primero que se realiza en la región centroamericana, destacándose por lo tanto el gran valor del mismo y su trascendencia. Marca así el inicio de una nueva etapa en los estudios hidrológicos de la zona.

La experiencia adquirida durante la duración de este trabajo, así como también el esfuerzo por el buen funcionamiento de todos los elementos que forman parte de este proyecto experimental, ha sido la base para señalar los problemas predominantes, sus recomendaciones y las conclusiones finales (capítulo VI), que servirán como guía en estudios posteriores.

# CAPITULO I

## A. LOCALIZACION

La cuenca experimental del Río Agua Salud está a 10 millas (16 km) al noroeste del pueblo de Gamboa, en la latitud 9°12' norte y longitud 79°47' oeste.

Con respecto a las ciudades terminales de Panamá y Colón nuestra cuenca en estudio se encuentra aproximadamente a 23 millas (36.8 km) y 13 millas (20.8 km) respectivamente de estos puntos (figura No.1.1).

El Río Agua Salud desemboca en el Lago Gatún y dista únicamente 10 millas (16 km) de la represa de Madden (figura No.1.2).

## B. RAZONES DE UBICACION

La cuenca del Río Agua Salud fue escogida como base para el estudio de una cuenca experimental por las siguientes razones:

1. Es accesible por carretera durante todo el año y contiene veredas de fácil recorrido a pie hacia todas las diferentes estaciones (figura No.1.3).

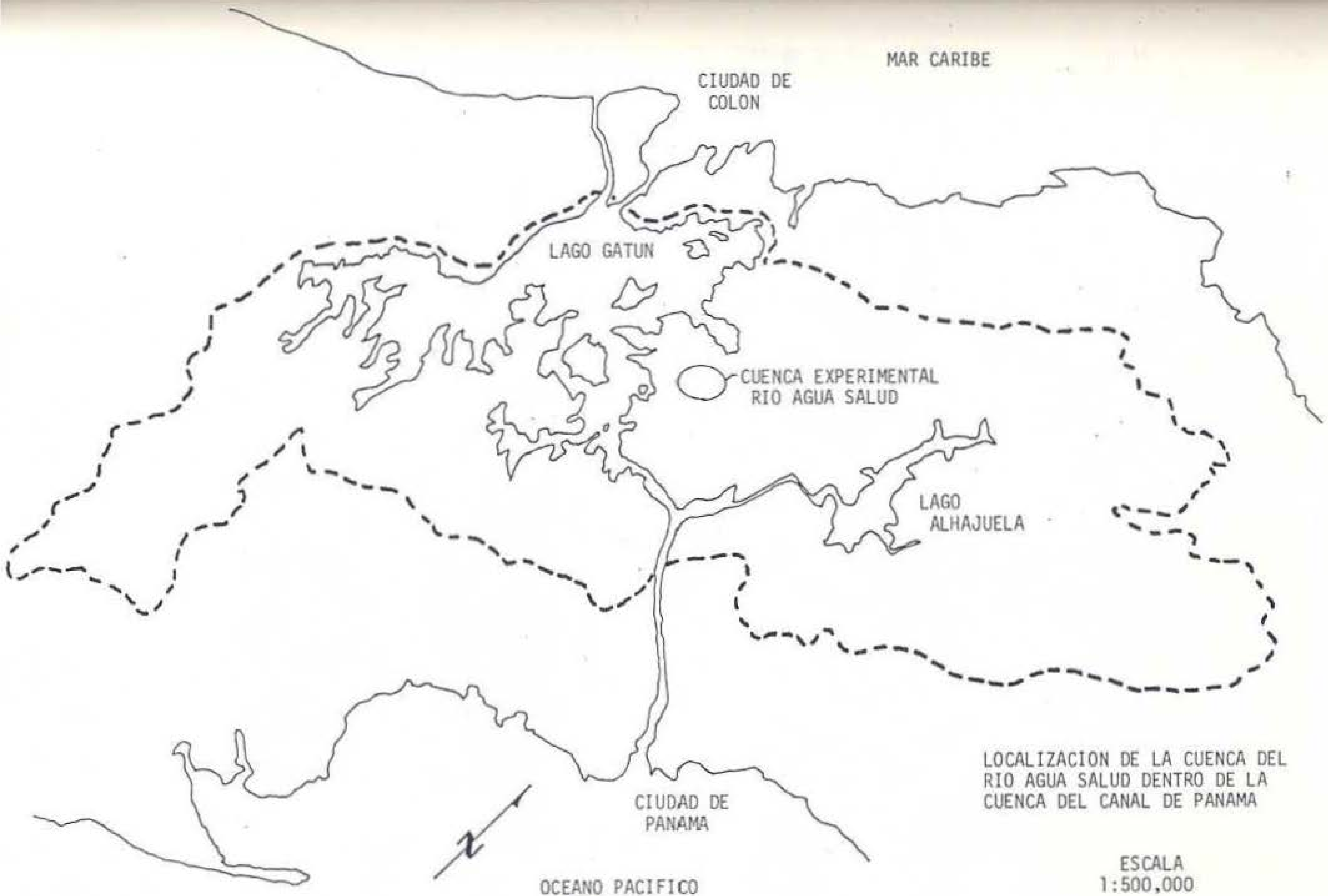
2. Tiene características físicas que son representativas de las cuencas de Gatún y Alahuela.

3. Es lo suficientemente pequeña para permitir equiparla adecuadamente a un costo razonable.

4. Posee una vegetación y usos de las tierras típicas de la cuenca del Canal de Panamá.

5. Contiene una red de drenaje con suficiente densidad para realizar los diferentes estudios.

6. Se encuentra próxima a la estaciones de Gamboa y Gatún, las cuales poseen información adicional sobre los parámetros hidrometeorológicos.




LOCALIZACION DE LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD DENTRO DE LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMA


LOCALIZACION GEOGRAFICA
CUENCA EXPERIMENTAL DEL RIO AGUA SALUD
ESCALA 1:250,000
FIGURA N' 1.2







VEREDAS Y CAMINOS EN LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD

FIGURA N° 1.3

## C. TIPOS DE ESTACIONES

Se estableció una red de recolección de datos en la cuenca del Río Agua Salud, para encargarse de las mediciones sistemáticas de los parámetros hidrometeorológicos (figura No.1.4).

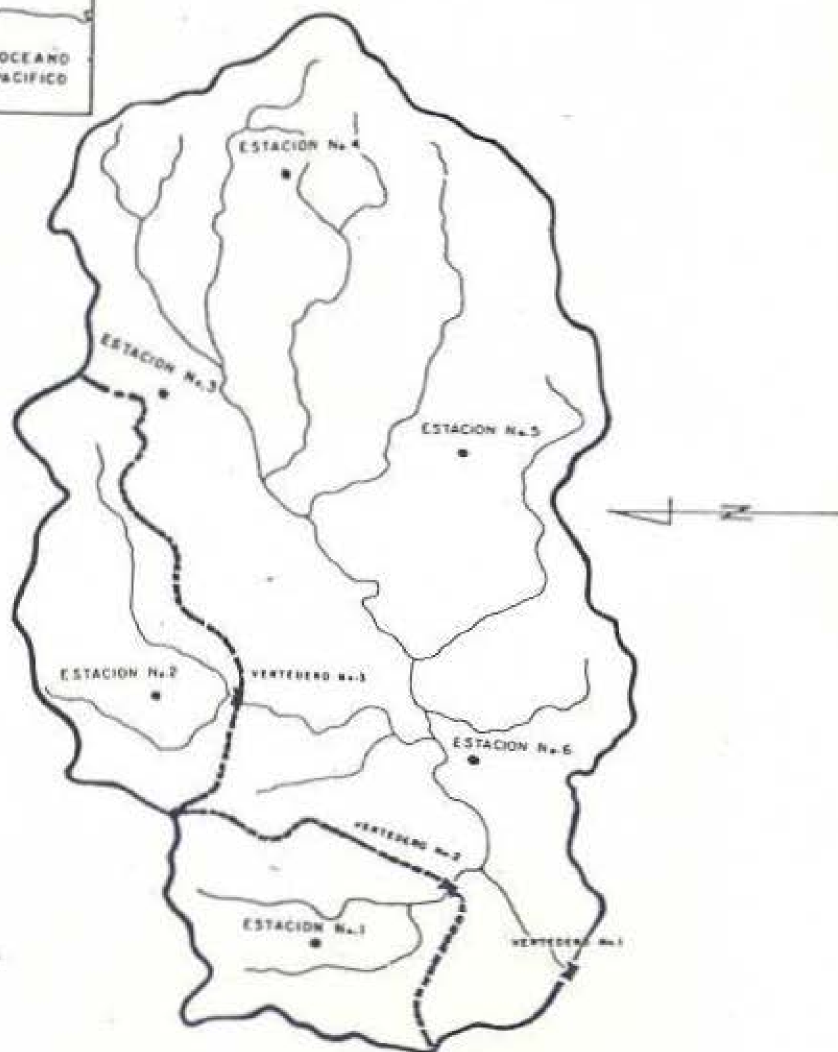
La precipitación de la cuenca está vigilada por seis estaciones pluviométricas, ubicadas (figura No.1.5) por toda el área a una distancia de aproximadamente 1 milla (1.6 kilómetros) entre sí.

Se usan vertederos para medir la cantidad de agua producida por las cuencas. Cada vertedero está acompañado por una estación con instrumentos limnigráficos y limnimétricos. El vertedero No.1 (figura No.1.6) mide el afluente de la cuenca principal, mientras que los vertederos No.2 (figura No.1.7) y No.3 (figura No.1.8) miden el afluente de las dos subcuencas A y B respectivamente.

Conjuntamente con la estación pluviométrica No.1, existe un sitio de estudio que está ubicado bajo el dosel del bosque y está equipado para medir la lluvia pasante, la temperatura del aire y la humedad relativa de este micro-clima.

La velocidad del viento y su dirección, así como la evaporación, radiación solar, humedad relativa y temperatura del aire, serán registrados en las estaciones auxiliares de Gamboa y Gatún (figura No.1.9).




# CUENCA EXPERIMENTAL RIO AGUASALUD

FIGURA N° 1.4





VISTA TIPICA DE ESTACION PLUVIOMETRICA

FIGURA N° 1.5





VERTEDERO N° 1



FIGURA N° 1.6





VERTEDERO N° 2



FIGURA N° 1.7



VERTEDERO N° 3





FIGURA N° 1.8



ESTACION AUXILIAR DE GATUN



ESTACION AUXILIAR DE GAMBOA

FIGURA N° 1.9

# CAPITULO II

## A. AREA

Viene siendo la proyección horizontal del terreno de una región o terreno de estudio.

Otro término muy utilizado es el de área de cuenca, que es el área en proyección horizontal dentro del parteaguas.

En el caso de una cuenca que contenga varias subcuencas, el área total de la cuenca será la sumatoria de las áreas de las subcuencas, más las áreas de todos los tributarios a éstas. Se puede expresar de la siguiente manera.

$$\Sigma A_t = \Sigma A_1 + \Sigma A_{02}$$

donde

$At$-- Area total de la cuenca

$A_1$--Area de las subcuencas

$A_{02}$-Area de los tributarios a las subcuencas

En cualquier región o cuenca, el área se puede medir fácilmente usando de mapas topográficos o de fotografías aéreas, ya sea por medio de un planímetro o de algún otro método confiable. Es recomendable delinear claramente el perímetro del área a ser medida antes de realizar cualquier tipo de cálculo.

## B. DENSIDAD DE DRENAJE

Se define como la longitud total de los cauces de una cuenca dividida por el área total de drenaje.

La densidad de drenaje se puede pensar que es una expresión que nos relaciona la cercanía del espaciamiento entre los canales de una cuenca. Si existe una similitud geométrica entre dos sistemas de drenaje, sus densidades de drenaje estarán relacionadas en la misma proporción que el inverso de la escala de proporción lineal (figura No.2.1).

La forma y rapidez de respuesta de la cuenca son características que estan íntimamente relacionadas con la densidad de drenaje. Así vemos que una alta densidad refleja una cuenca altamente drenada y responde en forma rápida al influjo de la precipitación; debido principalmente a que el agua viaja mucho más rápido por los ríos que por la tierra. Por otro lado, una cuenca que presente una baja densidad, reflejará un drenaje pobre y una respuesta lenta a la precipitación. (ver figura No.2.2).

Entre los conceptos más importantes dentro de una red de drenaje tenemos:

Orden de las corrientes: Es el primer paso en el análisis de drenaje de una cuenca y nos proporciona el grado de bifurcación de las corrientes. Se acostumbra incluir en esta clasificación sólo corrientes perennes e intermitentes (figura No.2.3).

Según Horton tenemos:

$Nu \ Rb^{(k-u)}$ donde

Nu-Número de corrientes de un orden dado

w--Orden de corrientes

k--Máximo orden de corriente

Rb-Grado de bifurcación

<u>Densidad de Corrientes</u>: Es la relación entre el número de corrientes y el área drenada. Se determina según la ecuación siguiente:

$Ds \ Ns/A$ donde

Ds-Densidad de corriente

Ns-Número de corrientes de la cuenca

A--Area total de la cuenca ($mi^2$ o $km^2$)

Nuevamente sólo se incluirán en este concepto, corrientes perennes (las de flujo continuo) e intermitentes (la que sólo fluye en ciertas épocas del año).

Densidad de drenaje: Es el cociente de la longitud de las corrientes entre el área. Viene determinada por:

$Dd = L/A$ donde

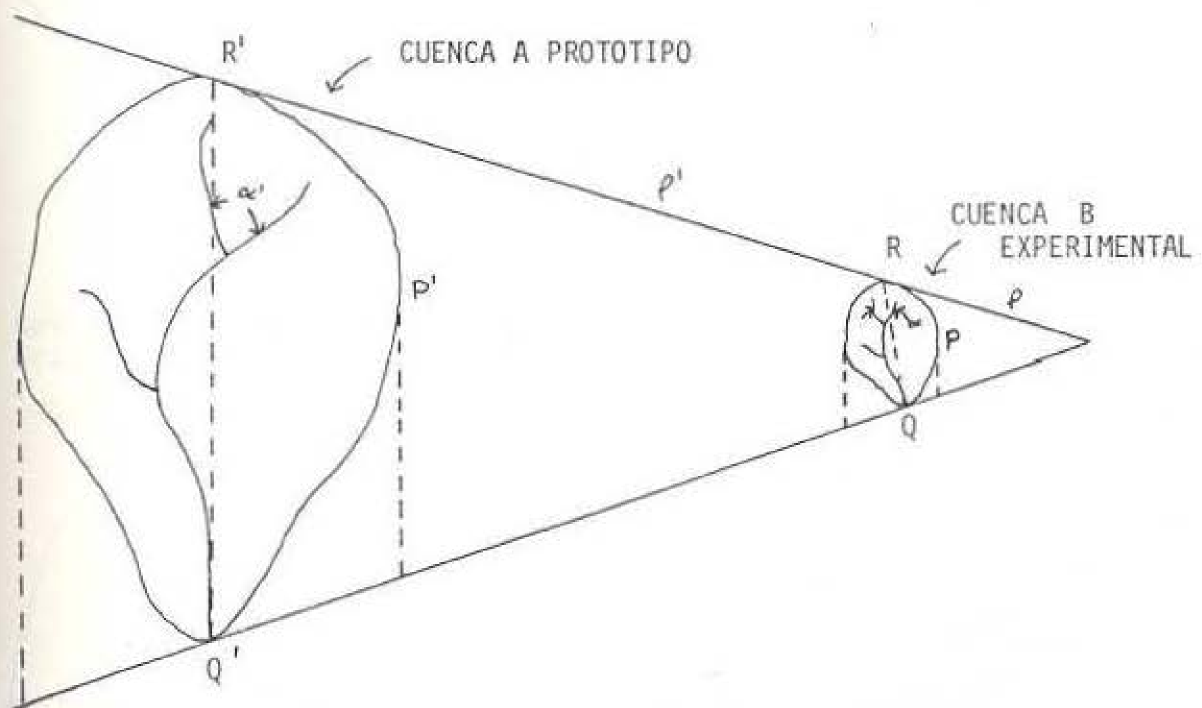
Dd-Densidad de drenaje por km o milla

L--Longitud total de las corrientes

A--Area total de las corrientes perennes e intermitentes dentro de la cuenca.

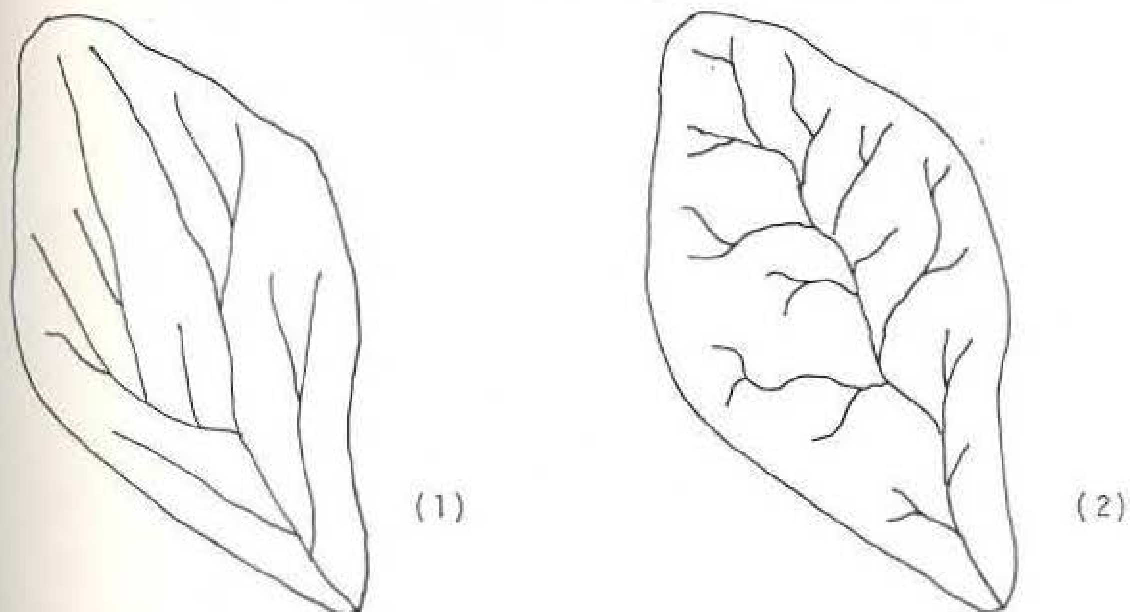
FIGURA N° 2.1

SIMILITUD GEOMETRICA DE DRENAJE DE DOS CUENCAS SELECCIONADAS ( Q Y Q' )

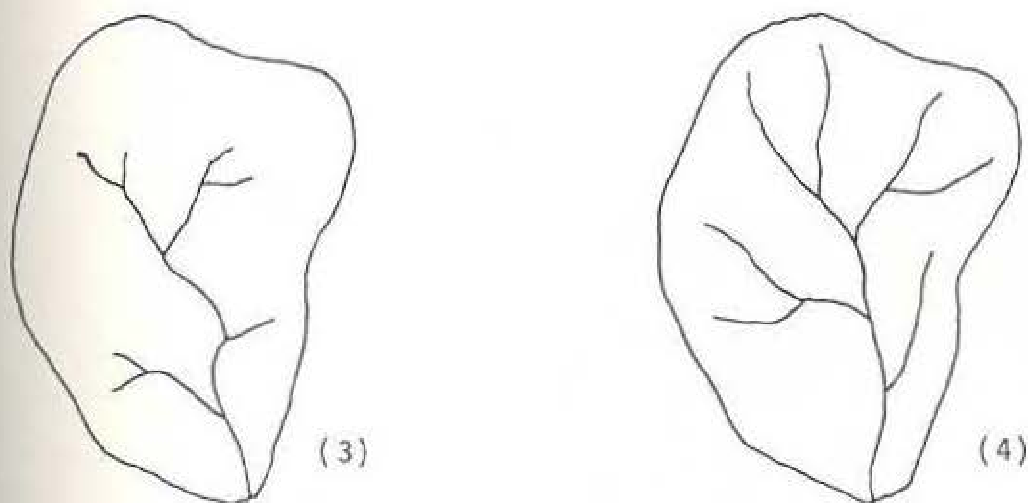



ESCALA DE PROPORCION $= \frac{R'Q'}{RQ} = \frac{P'}{P} = \frac{\rho'}{\rho}$

RELACION ENTRE DENSIDAD DE DRENAJE Y FRECUENCIA DE CORRIENTE




Cuencas hipotéticas (1) y (2) poseen la misma densidad de drenaje pero diferente frecuencia de corriente.




Cuencas hipotéticas (3) y (4) poseen la misma frecuencia de corriente pero diferente densidad de drenaje.

FIGURA N° 2.2

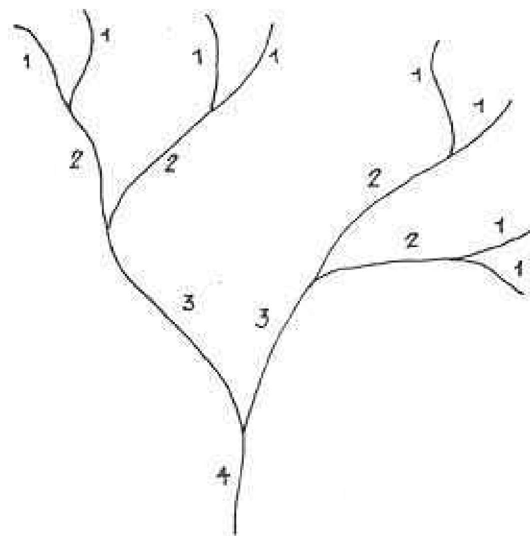



FIGURA N° 2.3

DEDUCCION DEL NUMERO DE ORDEN DE UN RIO

## C. ELEVACION

Distancia vertical desde un plano de referencia, generalmente sobre el nivel medio del mar, influye primordialmente en la temperatura y la precipitación. Las temperaturas debido a la elevación van a influir en la variación de pérdidas de agua por evaporación.

En general, a mayor altura mayor precipitación y menor temperatura. En los cálculos de hidrología, se acostumbra el uso de la elevación media de la cuenca.

La elevación media de una cuenca, se obtiene de la curva área-elevación (curva hipsométrica) y corresponde al 50% del área de drenaje.

La elevación mediana de una cuenca, es el punto en la curva hipsométrica que corresponde al 50% del área sobre las elevaciones dadas.

La curva hipsométrica es una gráfica que nos muestra los porcentajes del área de una cuenca, tomados como abscisas, que quedan por encima de la elevación indicada por la ordenada correspondiente.

## D. FORMA

La forma que posea una cuenca proyectada al plano horizontal de un mapa topográfico, nos da una idea de cómo se afectan las características de escorrentía y descarga máxima en una cuenca dada.

Horton dedujo la ecuación siguiente:

$Rf=A/(Lb)^2$ donde

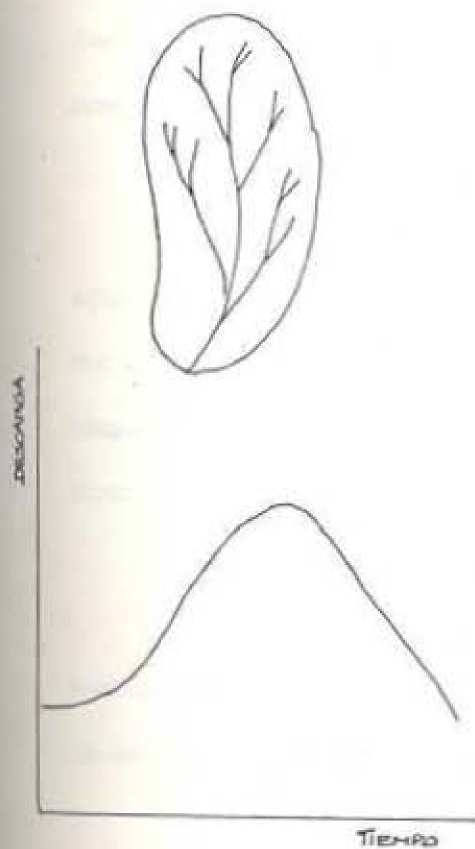
A--Area de la cuenca

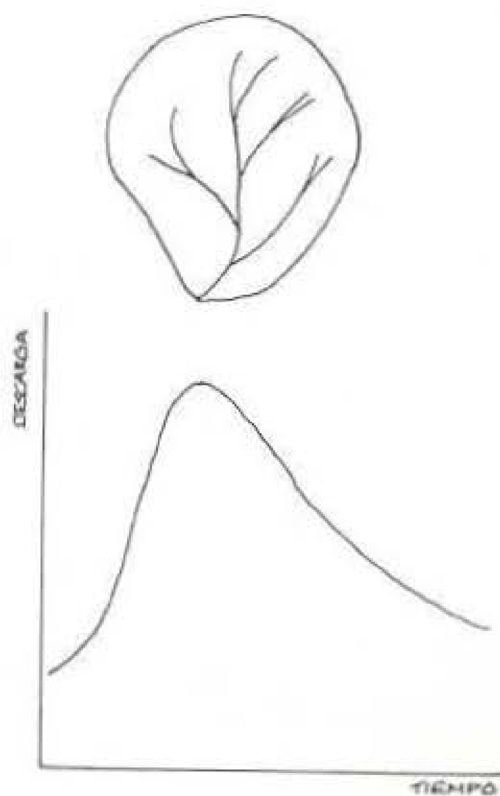
Lb-Longitud de la cuenca

Rf-Indice adimensional

La ecuación anterior nos permite relacionar las geometría de diferentes cuencas. Se toma como base de referencia por ejemplo, una cuenca con un factor de Rf 0.79, que supone una forma circular. Otros ejemplos son: Cuenca en forma cuadrada con la salida de su corriente principal en una esquina, Rf 0.50; Cuenca cuadrada con la salida en el punto medio de uno de sus lados, Rf 1.00.

La gráfica No.2.1 nos da una idea de cómo responde un hidrograma de descarga vs tiempo según la forma de la cuenca. Cuencas largas y estrechas con un alto radio de bifurcación (parte A) tendrán períodos de descarga con crecidas atenuadas, mientras que cuencas en forma circular con un bajo radio de bifurcación (parte B) responderán con picos de descarga de corriente bastante empinados durante las crecidas.






RESPUESTA DE UN HIDROGRAMA DESCARGA VS TIEMPO SEGUN LA FORMA DE LA CUENCA

GRAFICA N° 2.1

## E. GEOLOGIA

Es la ciencia que trata el origen, historia y estructura de la tierra; tal como se encuentra grabado en las rocas y que al mismo tiempo investiga las fuerzas y procesos que actúan sobre las rocas en cada momento.

Tiene extrecha relación con el ciclo hidrológico, así vemos que el agua modifica a las rocas ya sea por erosión, disolución y deposición. Por otro lado, los factores geológicos influyen grandemente en el comportamiento de las aguas subterráneas, dependiendo de la composición, textura y secuencia de los tipos de rocas.

El factor estructural del tipo de roca así como sus fallas y grietas también presenta una gran influencia. Todo este complicado estudio entre la geología y las aguas constituye la base de la hidrogeología.

## F. PENDIENTE

Es la inclinación o gradiente de una línea o superficie con respecto a la horizontal.

En las cuencas de drenaje, la pendiente posee una relación de gran importancia con el grado de infiltración, superficie de escorrentía, humedad del suelo y en la contribución del agua subterránea a la corriente del cauce.

En una cuenca dada, podemos realizar tanto estudios sobre la pendiente del canal como también de la pendiente de terreno. La primera influye principalmente en la velocidad de flujo y el comportamiento del hidrograma de descarga, generalmente se utiliza únicamente la pendiente del cauce principal y ésta se expresa como pendiente promedio del cauce. La pendiente del terreno por otro lado, influye en el proceso de flujo de superficie y en la forma del hidrograma de descarga, dado que debe existir un alto grado de variación en la pendiente de terreno de una cuenca (a menos que en esta predominen regiones planas), siempre se dará este valor como un índice promedio que la represente.

Existen diversas maneras para determinar la pendiente de una cuenca y entre las más utilizadas tenemos:

Criterio de Horton: Establece el trazado de una malla de cuadros orientada en el sentido de la corriente.

Se evalúa la pendiente tanto en el eje de las abscisas como en el de las ordenadas. Este criterio también establece el mecanismo de cálculo de la pendiente media de una cuenca.

Criterio de Alvord: El cual se basa en el análisis de las pendientes entre las curvas de nivel.

Criterio de Nash: Utiliza una malla similar al criterio de Horton pero con un mínimo de 100 intersecciones. En cada intersección se mide la distancia mínima entre las curvas de nivel, calculando la pendiente en ese punto con el cociente del desnivel entre curvas y la distancia calculada, haciendo lo mismo para todos los puntos de intersección. La pendiente de la cuenca se considera como la pendiente media de todos los puntos.

## G. TAMAÑO

Es uno de los parámetros físicos del cual depende en parte el comportamiento hidrológico de una cuenca.

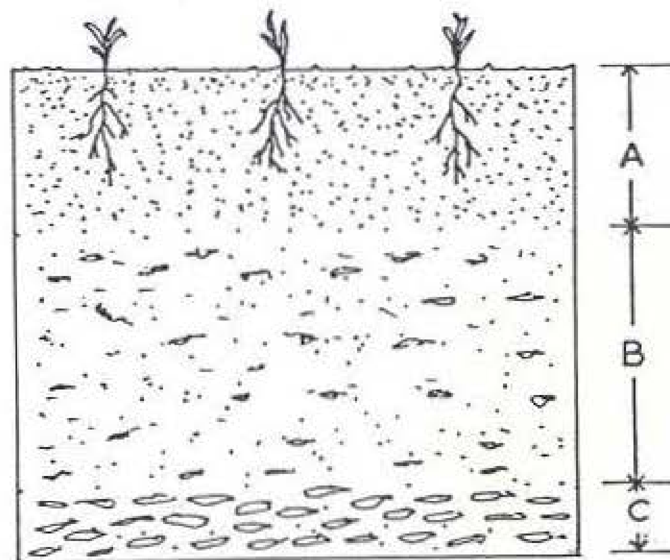
Existen tanto cuencas pequeñas como grandes, pero no existe ninguna base que nos asesore a fijar los límites para establecer esta diferencia, por lo tanto toda evaluación se hará en forma conceptual.

Se dará en muchas ocasiones el caso en que el tamaño de una cuenca se refiere a la superficie del área drenada, es decir, desde el nacimiento del cauce hasta el sitio donde se encuentre la estación medidora de caudal realizando el estudio hidrológico de la cuenca. En estos casos se expresará el tamaño en unidades de área y nos ayudará a obtener un estimado real del tamaño para la comparación con otras cuencas.

El tamaño en función del área se expresa por lo general en kilómetros cuadrados ($km^2$) o en millas cuadradas ($mi^2$), según sea el sistema de unidades a utilizar.

## H. TIPOS DE SUELOS

Suelos: Este término posee diferentes significados dependiendo del uso que se le dé. En geología y agricultura (que es el que nos interesa), viene siendo la capa superior de la superficie de la tierra (horizonte A), compuesta por rocas desintegradas que contienen materias orgánicas, las cuales son penetradas por las raíces de las plantas. Influye este aspecto en la superficie del suelo en donde la vida es más activa y abundante; aquí encontramos también el lecho de arado. Luego tenemos el subsuelo (horizonte B), que viene siendo un lecho espeso y obscuro, finalmente está la porción superior del sub-estrato (horizonte C) que comprende rocas en estado de desintegración y descomposición (figura No.2.4).




HORIZONTES DEL SUELO

FIGURA N°2.4

El movimiento del agua tiene gran relación con las propiedades físicas de los suelos (textura, estructura, densidad aparente y porosidad), es uno de los factores predominantes en la distribución de las comunidades vegetales y por lo tanto de su manejo en las cuencas hidrográficas.

Cada suelo presenta un diseño característico cuando se relaciona el contenido de humedad y la tensión con la cual el agua es retenida. Cuando un suelo se satura con agua y se deja drenar libremente, ha perdido entonces la llamada agua gravitacional. Esta agua alimenta el escurrimiento y las aguas subterráneas.

El agua retenida en el suelo y en los capilares por la fuerza de atracción en la interfase sólido-líquido o por los iones absorbidos, se libera en el momento que las fuerzas de remoción de agua excedan a los de retención. Estas fuerzas pueden ser de origen biológico como la succión de las raíces o ambiental, como el calor latente de vaporización y el déficit de saturación. Los suelos tienen mayor capacidad de retención de agua a medida que las texturas son más finas, o sea, que la capacidad de retención aumenta de los suelos arenosos a los arcillosos. A veces, el efecto de la textura se modifica por la estructura que hace que suelos de texturas finas, actúen como si realmente tuvieran partículas mayores; es así como en algunos suelos tropicales las partículas de arcilla son acompañadas por hidróxidos de hierro y aluminio, formando pseudoarenas. La materia orgánica formada por partículas coloidales muy pequeñas, tienen de por sí, una gran área superficial y por lo tanto, una altísima capacidad de retención de agua.

A este efecto se le debe agregar su capacidad para formar grumos muy porosos con las partículas minerales.

Otro aspecto en el cual los suelos toman gran importancia es en la infiltración, que comprende tres etapas y la cual a su vez afecta el ciclo hidrológico. Estas etapas son:

1) La entrada de las aguas en la superficie.

2) La transmición a través del suelo.

3) La saturación de la capacidad de almacenamiento del suelo.

Finalmente podemos notar que los suelos que posean un pobre drenaje en sus capas inferiores, tendrán un bajo grado de infiltración, o sea, en términos reales, una alta escorrentía superficial, la cual, si conocemos las características de los suelos que estamos estudiando, podría predecirse y controlarse.

## I. USOS DE LAS TIERRAS

Muchas cuencas en el mundo se han visto sujetas a una explotación cada vez mayor de los agricultores y ganaderos. La cuenca del Canal de Panamá y en particular la cuenca del Río Agua Salud también han sido víctimas de este fenómeno.

Se calcula que aproximadamente del 50% al 80% de la población de los países en desarrollo vive en tierras que pertenecen a cuencas pluviales. Al aumentar la población, las personas emigran a zonas frágiles; se cortan los árboles de las laderas forestales para obtener combustible, para forraje y para establecer cultivos de tipo primitivo. Se permite que los fuegos se extiendan más allá de los campos y que continúen quemando de una forma incontrolada.

Los bosques son utilizados para pastar hasta tal punto que impide la repoblación. El mal uso de las tierras trae como consecuencia una acelerada pérdida de las mismas, además de un deterioro del terreno, degradación del ambiente y un mayor grado de marginidad de sus habitantes.

Otro problema que acarrea el mal uso de las tierras es la pérdida de la capa protectora y reducción de su capacidad de retensión de agua; el principal medio de control de aguas y de la erosión en las tierras de las cuencas pluviales. Los resultados han sido un aumento en las inundaciones de los valles y desviaciones de los lechos de los arroyos, lo que da como resultado que las aguas y los sedimentos logren crear verdaderas pérdidas a la naturaleza y a las poblaciones en general.

En resumen, toda eliminación de cubierta vegetal representa cambios degenerativos en una cuenca. Así vemos que se establece un ciclo continuo degradativo, que avanza más drásticamente a medida que transcurre el tiempo. Por ejemplo, la eliminación de las copas de cobertura expone el barrujo y el humus a una mayor oxidación, al efecto mecánico de las lluvias y a su desplazamiento anemófilo.

La degradación progresiva de la fauna y flora microscópicas, la pérdida de raíces nutricias sin sustitución y el chapoteo de la lluvia, tienden conjuntamente a apelmazar las capas superficiales, hasta que llegada la fase crítica, comienza la escorrentía. Si en tal punto no se produce una recuperación de la vegetación, comienza el ciclo progresivo de degradaciones posteriores. La escorrentía agita los sedimentos que se depositan en los intersticios superficiales del suelo; esto conduce a una menor porosidad, que a su vez intensifica aun más la escorrentía y así sucesivamente. El ciclo finaliza en una situación relativamente estable de baja capacidad de filtración y de almacenamiento de la cuenca hidrográfica, así como de una excesiva velocidad de escorrentía. Durante los períodos lluviosos se produce desbordamiento de los cursos de agua.

Esta degeneración de las cuencas, queda agravada por el apisonado mecánico del suelo causado por los animales mientras trabajan o pastorean. Las zonas de elevada precipitación y suelos vulnerables exigen una completa protección contra un mal uso de las tierras.

Para entender mejor el problema, se explica a continuación los variados sistemas agro-forestales que intervienen de alguna forma en nuestro estudio realizado.

1) Sistemas de agro-silvicultura: La administración de la tierra para la producción de cosechas agrícolas y productos forestales.

2) Sistemas silvo-pastorales: Sistemas de administración en los que se administran los bosques para la producción de madera, así como para el mantenimiento de animales domésticos.

3) Sistemas agro-silvo-pastorales: La administración de la tierra para la producción de cosechas agrícolas, productos forestales y animales domésticos.

## J. VEGETACION

El papel de la vegetación en el régimen hidrológico de las cuencas, es un factor importante en el manejo de las mismas para la producción y almacenamiento de agua.

En mayor o menor grado, el bosque modifica los efectos de la luz y la radiación solar, la temperatura del aire y del suelo, el viento, la humedad atmosférica, la precipitación, la evaporación y la transpiración. El clima dentro de un bosque se denomina microclima, debido a que posee características que lo distinguen del clima en campo abierto.

Las influencias que produce la vegetación podemos dividirlas en tres grandes grupos:

1) Influencias sobre el clima
2) Influencias sobre el suelo
3) Influencias sobre el régimen hidrológico

1) Influencias sobre el clima: Estas se darán en una mayor o menor intensidad, según sea el aspecto a analizar. Los puntos a continuación son influidos por la vegetación y serán explicados en el capítulo siguiente.

A) Radiación solar y temperatura atmosférica

B) Viento, humedad y temperatura del suelo

C) Precipitación

En forma generalizada, la masa forestal intercepta los rayos solares, reduce la velocidad del viento, que a su vez reduce la evaporación proveniente de la vegetación y el suelo, regula la temperatura del agua, ríos y lagos.

2) Influencias sobre el suelo: La vegetación constituye la defensa más completa y eficaz del suelo.

Se sabe que la erosión es un proceso que no puede ser eliminado totalmente, pero también es cierto que la cubierta vegetal protege el suelo y reduce los efectos erosivos.

Podemos mencionar que la vegetación influye en los suelos proporcionando:

A) Un alto contenido de materia orgánica en el suelo, lo cual ayuda a desarrollar la estructura porosa del mismo, aumentando así la infiltración y la capacidad de almacenaje en el suelo.

B) El establecimiento y mantenimiento de una cobertura de materia orgánica sobre el suelo, tiende a prevenir el escurrimiento superficial y arrastre de las partículas de suelo.

C) El almacenamiento y retención del agua en las superficies detienen la escorrentía, de tal manera que el agua se mueve lentamente hacia niveles inferiores del suelo.

3) Influencia sobre el régimen hidrológico: La vegetación influye sobre un gran número de aspectos que intervienen en el régimen hidrológico.

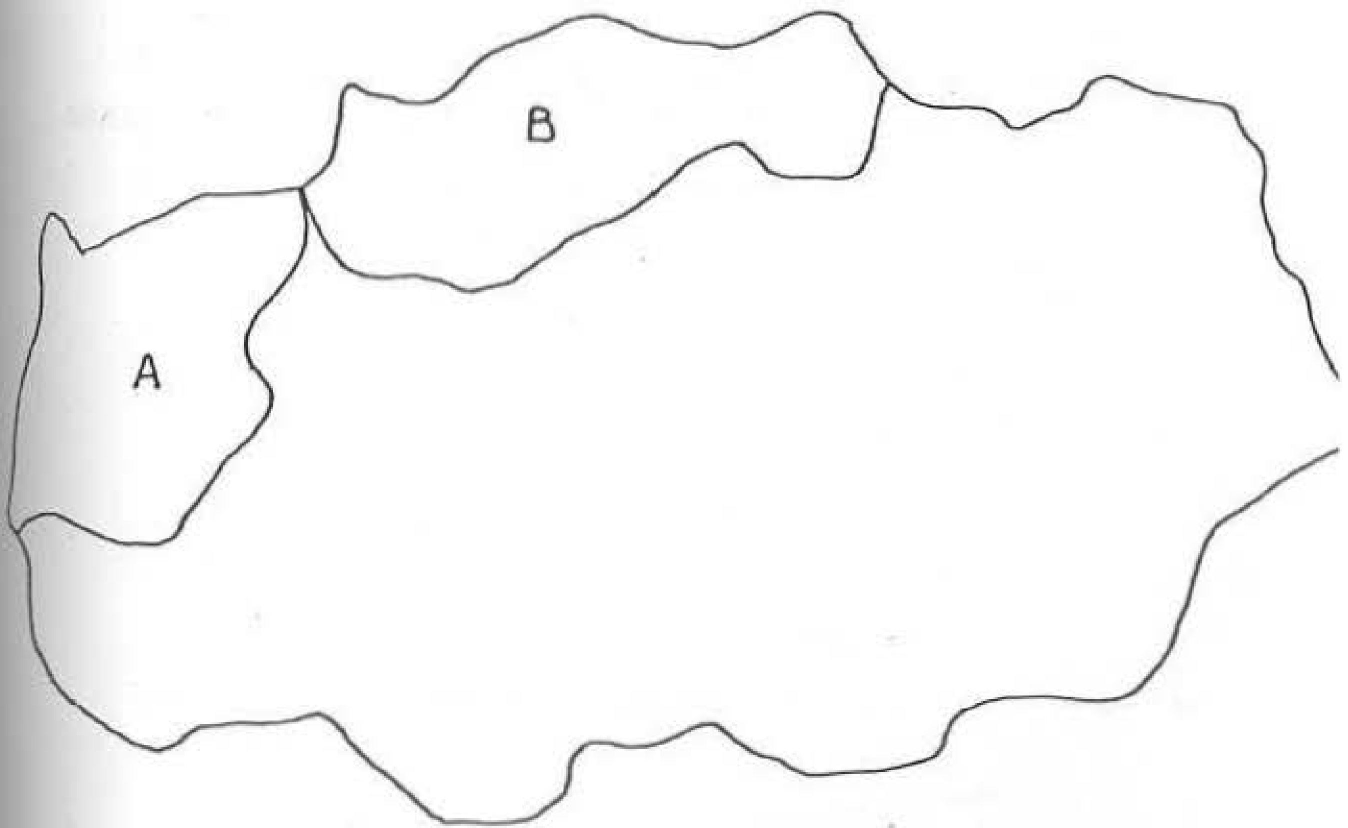
Al caer la lluvia sobre la masa forestal, la primera influencia de ésta es la intercepción, luego parte del agua es absorbida tanto por los árboles como por el suelo. El agua se encarga de escurrirse por las raíces y poros del suelo, llenando así pequeños espacios capilares, luego los espacios de mayor dimensión no capilares. Este proceso continúa hasta aquellos espacios a gran profundidad, el nivel freático o los cursos de las aguas subterráneas.

Toda el agua que no ha sido recogida en estos procesos mencionados anteriormente se restituye a la atmósfera por evaporación directa o transpiración de las plantas.

CAPITULO III

## A. AREA

El área de la cuenca experimental de Agua Salud comprende 5.1 millas cuadradas (13.1 $km^2$). La cuenca posee dos subcuencas, A y B, las cuales miden respectivamente 0.514 millas cuadradas (1.32 $km^2$) y 0.711 millas cuadradas (1.82 $km^2$). Ver figura No.3.1.




ESCALA 1:32300

AREA DE LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD

FIGURA N°3.1

## B. DENSIDAD DE DRENAJE

Utilizando las expresiones deducidas en el capítulo II, podemos obtener los siguientes resultados:

Orden de corrientes:

La cuenca estudiada posee un orden de corrientes de 4 y se puede ver fácilmente en la figura No.3.2.

El grado de bifurcación se obtiene aplicando la fórmula de Horton:

$$Nu = Rb^{(k-u)}$$

En nuestro caso:

| u | Nu |
|---|---|
| 1 | 36 |
| 2 | 8 |
| 3 | 2 |

k = 4

$r_b = \frac{Nu}{Nu+1}$; $rb_1 = 36/8 = 4.5$; $rb_2 = 8/2 = 4$; $rb_3 = 2/1 = 2$; promedio = 3.5

sustituyendo en la ecuación anterior;

$$Nu = Rb^{(k-u)}$$

$$36 = Rb^{(4-1)}$$

$$Rb = 3.302$$

Comprobando $Nu_1 = (3.5)^{4-1} = 42$; $Nu_2 = (3.5)^{4-2} = 12$; $Nu_3 = (3.5)^{4-3} = 3.5$

Generalmente el grado de bifurcación oscila entre 3 y 5 en las cuencas en las cuales las estructuras geológicas no afecten la red de drenaje.

Densidad de drenaje:

Dd L/A donde

L 25.22 millas = 40.58 Km

A 5.10 millas cuadradas = 13.21 Km$^2$

Dd 25.22 millas/ 5.10 millas cuadradas

Dd 6.29 corrientes por milla

Dd = 3.07 Km$^{-1}$

Densidad de corriente:

(ver número de corrientes en figura No.3.3)

Ds Ns/A donde

Ns 36 — Es igual al número de corrientes de primer orden

A 5.1

Ds 36 corrientes/5.1millas cuadradas

Ds 7.1 corrientes por milla cuadrada

$F = 0.694 (Dd)^2$ — Dd en millas$^2$

$F = 0.694 (6.29)^2 = 27.5$ corrientes/millas$^2$

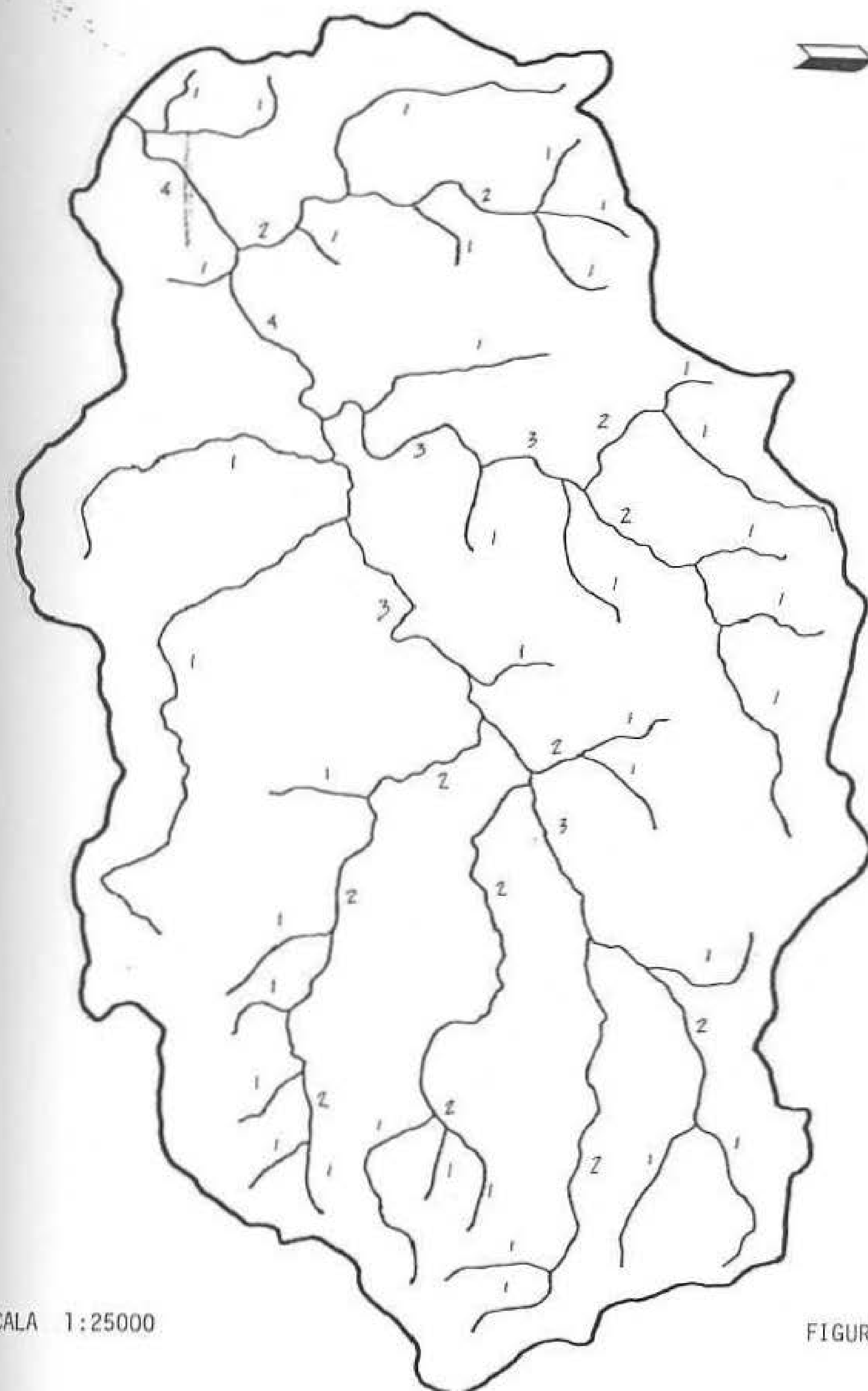
$F = (1.80)(3.07)^2 = 16.98$ corr/

$Ds = Ns/A = 36/13.21 = 2.73$ corr/

1 mi$^2$ = 2.55 Km$^2$

No se aplica

## CALCULO DEL NUMERO DE ORDEN DE CORRIENTES EN LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD



ESCALA 1:25000

FIGURA N° 3.

## CALCULO DEL NUMERO DE CORRIENTES EN LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD

ESCALA 1:25000

FIGURA N° 3.



## C. ELEVACION

Nuestra cuenca experimental, presenta una gama de elevaciones que varían desde los 131 pies (40 metros) hasta los 929 pies (283 metros) sobre el nivel medio del mar.

La tabla No.3.1 que sigue a continuación nos presenta las elevaciones y el porcentaje de área que éstas representan dentro de la cuenca.

TABLA N°3.1

ELEVACION vs PORCENTAJE DEL AREA

| ELEVACION | | % DEL AREA |
|---|---|---|
| metros | pies | |
| 40-50 | 131-164 | 00.41 |
| 50-100 | 164-328 | 15.24 |
| 100-150 | 328-492 | 54.77 |
| 150-200 | 492-656 | 23.53 |
| 200-250 | 656-820 | 05.66 |
| 250-283 | 820-929 | 00.39 |
| | | 100.00% |

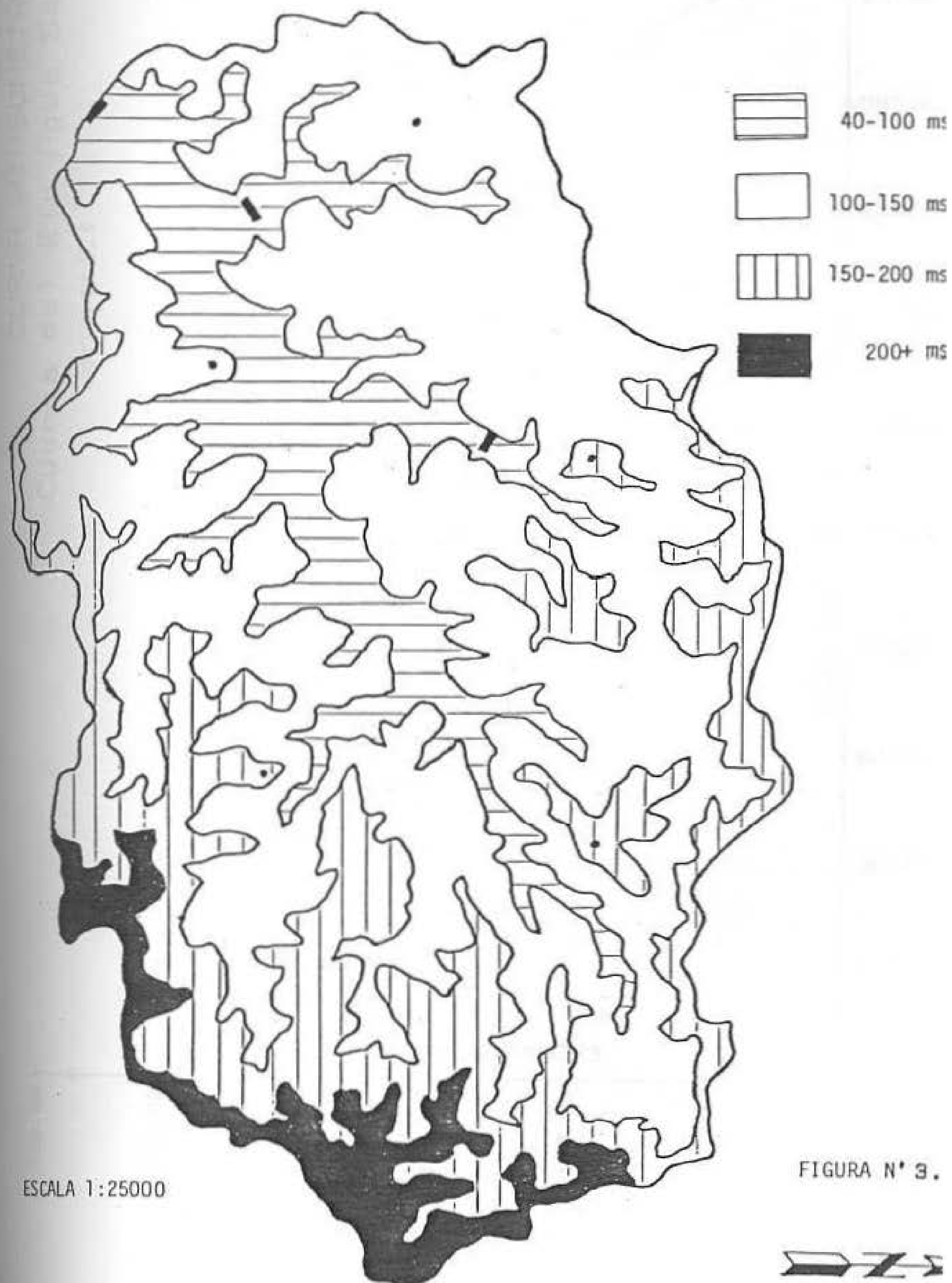
La tabla anterior, nos permite apreciar que la mayor parte de la cuenca del Río Agua Salud, se encuentra a una elevación que varía entre 328 y 492 pies (100 y 150 metros).

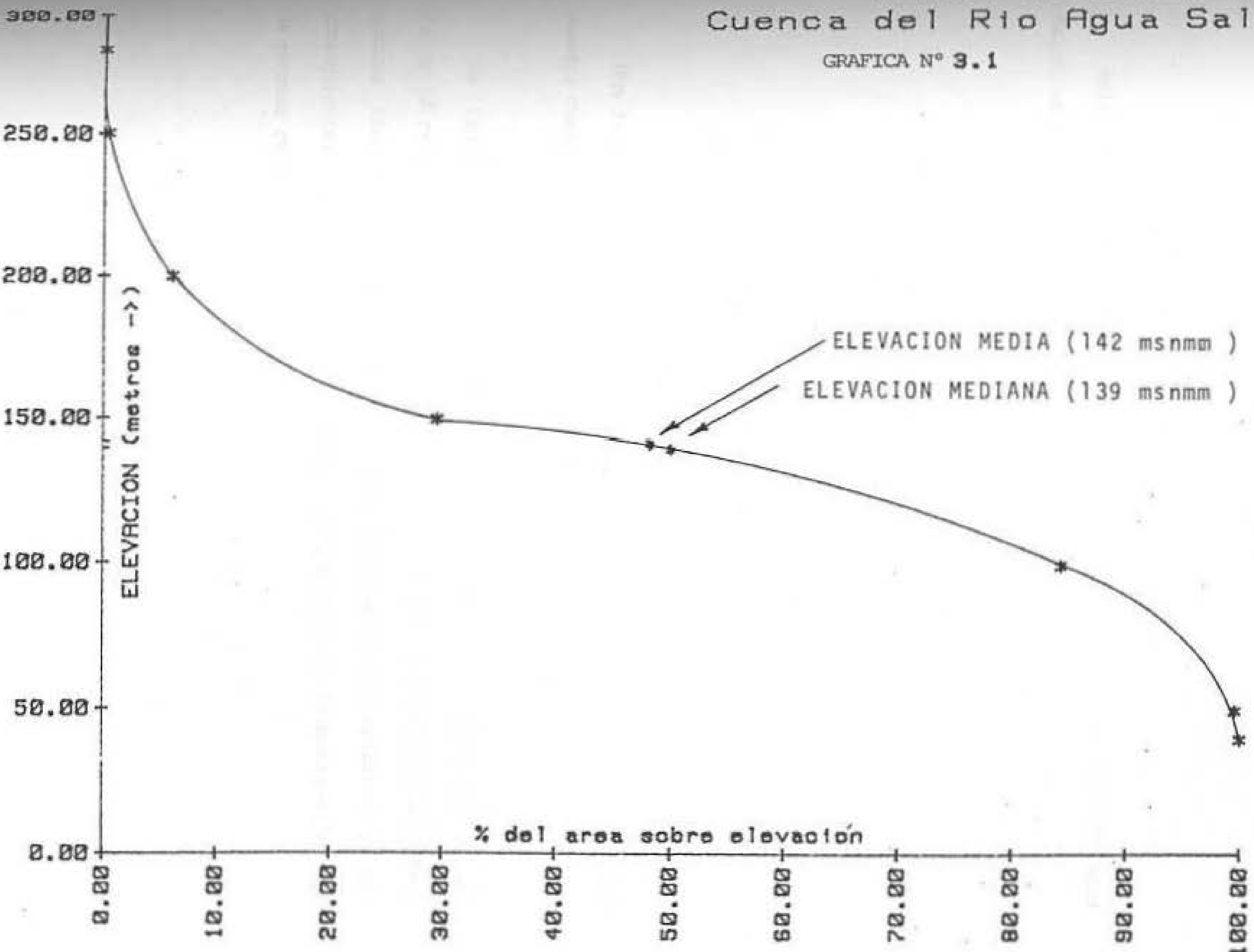
Luego de haber calculado los porcentajes de área que representa cada gama de elevación (figura No.3.4), procedemos a dibujar la curva hipsométrica de la cuenca (gráfica No.3.1).

La cuenca del Río Agua Salud presentará luego de los cálculos realizados, los siguientes puntos de importancia:

| | | |
|---|---|---|
| Elevación media | 466 pies | 142 metros |
| Elevación mediana | 456 pies | 139 metros |
| Elevación máxima | 929 pies | 283 metros |
| Elevación mínima | 131 pies | 40 metros |

MAPA DE ELEVACIONES DE LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD




CURVA HIPSOMETRICA
Cuenca del Rio Agua Salud
GRAFICA N° 3.1
ELEVACION MEDIA (142 msnmm )
ELEVACION MEDIANA (139 msnmm )
ELEVACION (metros ->)
% del area sobre elevación
300.00
250.00
200.00
150.00
100.00
50.00
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
70.00
80.00
90.00
100.00

## D. FORMA

Aplicando la ecuación de Horton en el caso de la cuenca del Río Agua Salud, obtendremos los siguientes resultados:

$Rf = A/(Lb)^2$

Area=5.1 millas cuadradas

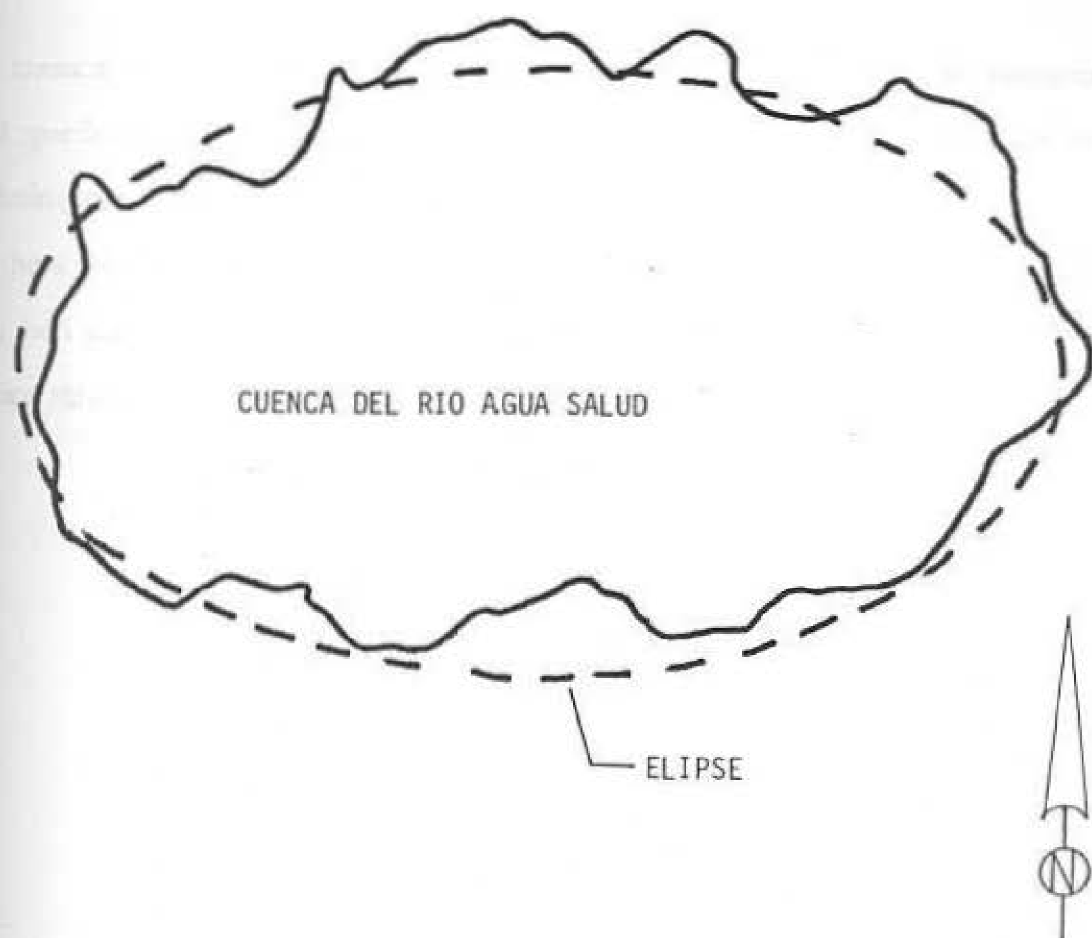
Longitud=3.33 millas (medida desde la salida hasta hasta el límite de la cuenca)

$Rf = 5.1$ millas cuadradas/$(3.33$ millas$)^2$

$Rf = .46$

Una inspección visual de la figura No.3.5, nos permite establecer que nuestra cuenca estudiada posee una forma más o menos elíptica.

Es importante destacar que cuando comparamos dos cuencas, si el factor Rf resulta igual o aproximado, entonces podremos concluir que ambas cuencas tienen características de forma igualmente irregulares y por consiguiente, nos sirven para el estudio comparativo o investigación que le estemos realizando.



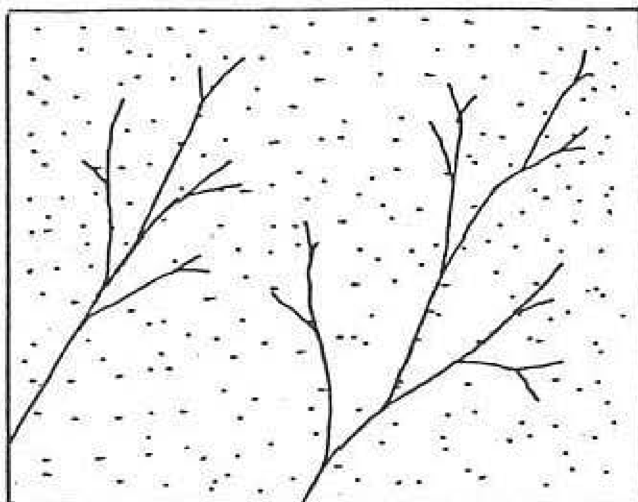

DESCRIPCION GEOMETRICA DE LA FORMA DE LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD

FIGURA N° 3.5

E. GEOLOGIA

La cuenca del Río Agua Salud, presenta una geología que se remonta desde el período pre-terciario y la cual está compuesta por una mezcla de roca volcánica y metamórfica.

La homogeneidad de la roca volcánica y su resistencia uniforme a la erosión, han contribuído al desarrollo de un patrón de drenaje dentrítico. Ver figura No.3.6.



DRENAJE DENTRITICO

FIGURA N°3.6

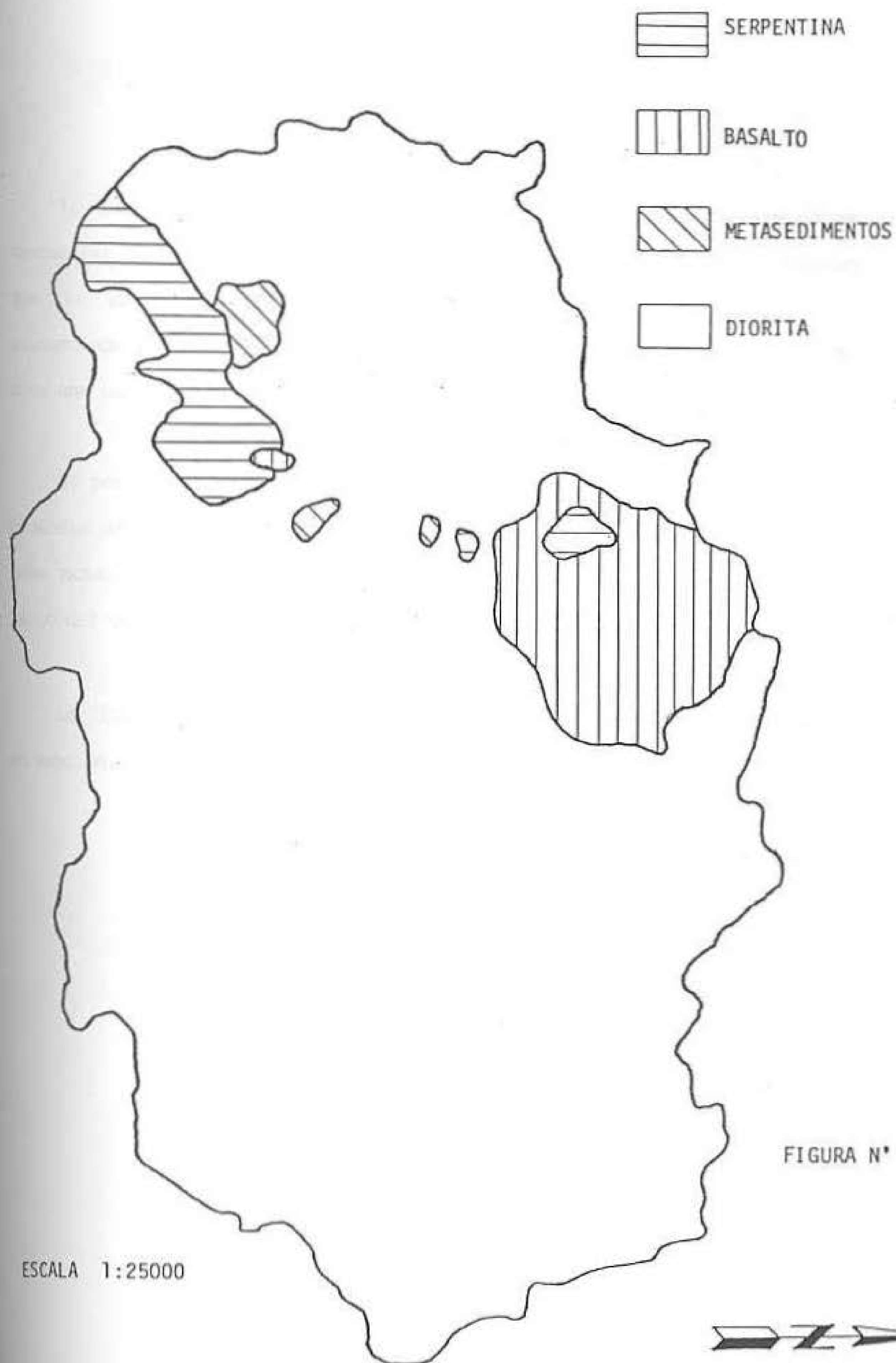
Como drenaje dendrítico se define aquella forma de drenaje cuya corriente principal y tributarios, se asemeja a la figura de un árbol.

Ciertas alteraciones tectónicas en la región, han llegado a cortar estructuras rocosas y creado fallas, las cuales alteran el patrón de drenaje en ciertas áreas.

Los tipos de rocas y materiales que más caracterizan esta región son: las dioritas y el basalto, ambas de origen volcánico, serpentina (grupo de silicatos de ferromagnesio derivados de la alteración de minerales de silicato ricos en magnesio) de origen metamórfico y rocas metasedimentarias.

La distribución de las rocas y tipo de materiales predominantes en la cuenca del Río Agua Salud, se podrá apreciar más fácilmente en la figura No.3.7.

MAPA GEOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD



## F. PENDIENTE

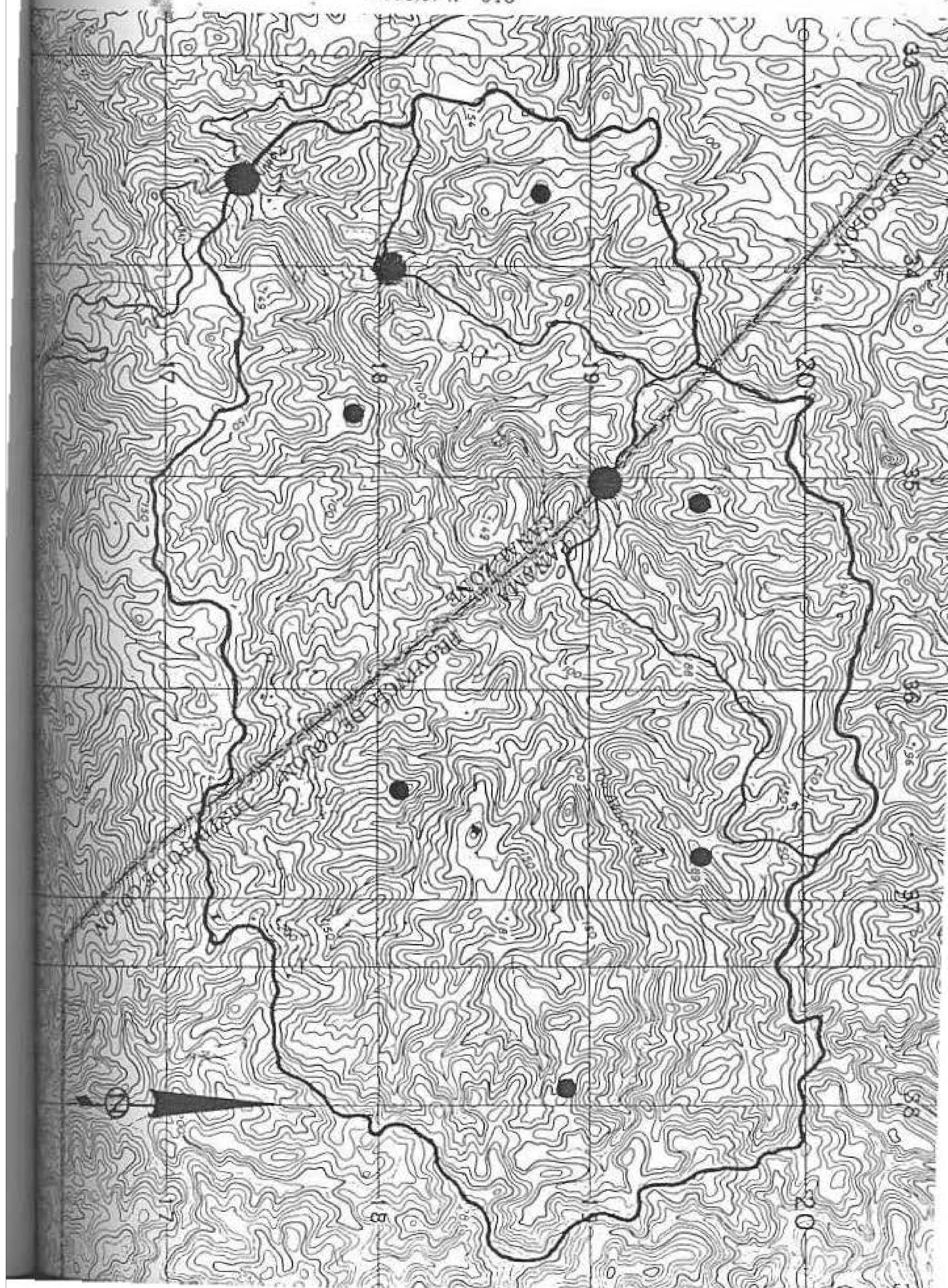
La cuenca del Río Agua Salud, se encuentra dentro de una zona montañosa; un estudio de los mapas topográficos existentes nos muestran que la mayor parte del terreno presenta pendientes moderadas y pronunciadas, hasta de 45% o mayores en algunas regiones de la cuenca. Se nota una escasez casi nula de regiones planas.

La pendiente del cauce principal, se puede definir con una pendiente promedio de 35% en la porción río abajo y de 23% río arriba, lo cual nos hace notar que las pendientes menores de la cuenca, se localizan a lo largo del tramo principal del Río Agua Salud y no en sus cabeceras.

La figura No.3.8 nos presenta un mapa topográfico de nuestra cuenca en mención.

## MAPA TOPOGRAFICO DE LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD

FIGURA N' 3.8



## G. TAMAÑO

Una de las razones predominantes para la escogencia de esta cuenca lo fue su tamaño.

La cuenca del Río Agua Salud, es lo suficientemente grande para incluir las características representativas de la cuenca del Canal de Panamá y adecuadamente pequeña para permitir la instalación de una red de datos a un costo razonable.

En la tabla No.3.2 se compara el tamaño (en función de área) de la cuenca del Río Agua Salud con otras cuencas dentro del área del Canal de Panamá.

TABLA N°3.2

TAMAÑO DE LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD vs CUENCAS DEL AREA CANALERA

| | | |
|---|---|---|
| Cuenca del Canal | 3168.0 $km^2$ | 1233.6 $mi^2$ |
| Chagres | 398.4 | 155.6 |
| Ciri Grande | 190.1 | 74.3 |
| Trinidad | 177.1 | 69.2 |
| Pequení | 137.3 | 53.6 |
| Boquerón | 92.4 | 36.1 |
| Agua Salud | 13.1 | 5.1 |

## H. TIPOS DE SUELOS

La cuenca del Río Agua Salud, presenta suelos residuales derivados en gran parte de la desintegración y descomposición de rocas de tipo volcánico y metamórficas. Estudios realizados demuestran la existencia de material alto en óxidos de hierro y aluminio pero bajos en sílice, lo cual lo caracteriza como altamente desmenuzable, permeable y resistente a la erosión.

En términos hidrológicos, se nota que las áreas superiores de la jungla consisten en arcillas orgánicas limosas (OL y OH) de color chocolate rojizo, estructura granulosa y desmenuzable cuando está húmedo, con tendencia de medio alto a alto hinchamiento, con un rango de baja permeabilidad a prácticamente impenetrable ($10^{(-4)}$ a $10^{(-5)}$ darcys). Sin embargo en el tope de las laderas, el suelo (ML) es un suelo de limos inorgánicos y arenas finas con una baja a pobre permeabilidad ($10^{(-1)}$ a $10^{(-3)}$ darcys). Los suelos encontrados en las áreas de pastoreo, poseen propiedades similares a aquellos encontrados en las regiones superiores de las laderas de las áreas boscosas, con excepción de la capa superficial, la cual contiene menos material orgánico y su color es más claro.

Los perfiles del subsuelo son extraordinariamente profundos, extendiendose por más de diez pies y la diferenciación en el horizonte es gradual y difusa.

## I. USO DE LAS TIERRAS

En la figura No.3.9 se puede apreciar claramente el uso de las tierras en la cuenca del Río Agua Salud. El porcentaje que representa cada uso se encuentra en la tabla No.3.3.

La zona boscosa en la parte inferior del dibujo, es una sección de la región antiguamente llamada Zona del Canal y su deforestación se ha visto menos afectada que la sección fuera de ésta.

Se puede mencionar que el tipo de pastoreo y agricultura se realiza de forma más o menos nómada, es decir, los campesinos o habitantes se establecen en un sector determinado en el cual existan buenas tierras, cortan la maleza o bosque a sus alrededores, limpian finalmente el sector poniéndole fuego a la vegetación muerta y proceden a plantar sus cosechas o establecer su sistema ganadero. Cuando las tierras pierden todo su contenido alimenticio para el uso que se les estén dando, entonces los campesinos proceden a trasladarse a otro sector más beneficioso y repiten el mismo procedimiento; tala, quema, utilización y abandono.

TABLA N°3.3

| Clave del Uso de las tierras | Porcentaje del total | | |
|---|---|---|---|
| | Cuenca Principal | Subcuenca A | Subcuenca B |
| Bosque | 62 | 80 | 38 |
| Matorral | 16 | 19 | 7 |
| Cultivo / Pasto | 22 | 1 | 55 |

USOS DE LAS TIERRAS EN LA CUENC
DEL RIO AGUA SALUD

BOSQUE

MATORRAL

PASTO O
CULTIVO

ESCALA 1:20500

FIGURA N°



## J. VEGETACION

El bosque del Río Agua Salud, es predominantemente un bosque maduro con una composición relativamente sencilla de dos capas de árboles que no son fácilmente distinguibles.

La cobertura del dosel, es mayor que el 80% e incluye principalmente árboles siempre verdes siendo un 20% a 30% de las especies del tipo desiduo o semideciduo. Los árboles tienen una altura aproximada de 70 a 120 pies con coronas redondas y troncos entre delgados y gruesos. Unicamente unos cuantos árboles de los más grandes están reforzados.

En el subdosel, los árboles y arbustos son casi exclusivamente siempre verdes de la variedad con hojas pequeñas. La vegetación a este nivel consiste en una tupida capa de especies de un solo tallo que varían desde 6 hasta 60 pies.

A nivel del suelo, la superficie está cubierta por una capa relativamente uniforme de desperdicios de hojas y unas cuantas plantas herbáceas esporádicas.

Hay áreas de bosques de segundo crecimiento, gruesos y enredados que se presentan en ubicaciones que han sido alteradas en el pasado reciente.

El tipo de vegetación que se encuentra en estas áreas, varía con la etapa de desarrollo dentro del ciclo de regeneración forestal. En general, las especies incluyen árboles deciduos de madera blanda de rápido crecimiento que son relativamente pequeños, enredaderas herbáceas y arbustos. Hay cosechas y hierbas en las áreas despejadas.

# CAPITULO IV

## A. DESCARGA

Es el volumen de agua, que por unidad de tiempo, un canal o una corriente vierte a un lago, depósito, corriente u oceáno. También se emplean los términos caudal, escorrentía o gasto.

Los datos sobre el caudal de agua de una cuenca o región, son posiblemente la información más importante y común que necesita el director de recursos hidrológicos. Los datos sobre puntas de niveles (máximos) de caudal son necesarios para el estudio y control de inundaciones o para el diseño de estructuras de ingeniería. Los datos sobre niveles mínimos de caudal son requeridos para estimar la fiabilidad de los suministros de agua.

La unidad generalmente utilizada para la medición de caudales, es metros cúbicos por segundo o pies cúbicos por segundo. En casos de grandes volúmenes de agua, las unidades utilizadas serán múltiplos de los anteriormente mencionados, por ejemplo, millones de pies cúbicos por segundo.

La representación gráfica del comportamiento del nivel o caudal de un río con respecto al tiempo, es denominada hidrograma. La gráfica No.4.1 nos muestra claramente el hidrograma de un río y sus diferentes componentes, el caudal total mostrado está compuesto por las siguientes fuentes de escorrentía (gráfica No.4.2):

1. Escorrentía superficial: corresponde al volumen de agua que avanza sobre la superficie de la tierra sin filtrarse en el suelo hasta alcanzar el canal.

2. Escorrentía de aguas subterráneas: aquella parte del flujo de una corriente que tiene origen en la precipitación y que después de filtrarse en el suelo, se une a las aguas subterráneas; luego después de días, semanas e incluso períodos más largos, se abre camino a través del suelo hacia la corriente.

3. Escorrentía de aguas sub-superficial: aquella parte de la precipitación que después de haberse filtrado en la superficie del suelo, se dirige a alimentar las corrientes en forma de agua subterránea efímeras y poco profundas, suspendidas por encima del nivel principal de las aguas subterráneas.

En el caso de la cuenca del Río Agua Salud, el flujo de agua en la cuenca principal y en las dos subcuencas se mide por vertederos con secciones de control triangulares o vertederos con muescas en forma de V (figura No.4.1). Estos vertedores son parecidas en diseño a los que usa el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en su ubicación de la cuenca experimental de Mahantango Creek y los cuales han dado resultados óptimos en la obtención de datos sobre caudales continuos. Cada instalación consiste en dos vertederos con muescas en forma de "V"; una muesca con ángulo ancho de concreto y otra con ángulo aguda de acero ubicada en una tina adjunta corriente abajo de la muesca con ángulo ancho. Esta combinación de tipos de vertederos es idealmente apropiada para medir la gama de condiciones de flujo existente en la cuenca. Los vertederos de ángulo ancho que van desde 120 a 150 grados miden flujos intermedios y altos mientras que los vertederos de muesca en forma de "V" de 90 grados con ángulo agudo mide los flujos bajos.

Se usan dos métodos para registrar los flujos en los vertederos. Un dispositivo operado por flotador mide las fluctuaciones del nivel del agua en el vertedero No.1, mientras que un dispositivo sensitivo a la presión ejecuta la misma tarea en los dos vertederos restantes de las subcuencas (figura No.4.2). El aparato físico del cual es parte el dispositivo operado por flotador, consiste en un refugio apropiado, dos compartimientos de pozos amortiguadores, un sistema de entrada que conecta los pozos con la corriente y dos mecanismos por compartimiento para registrar el nivel del agua en los pozos amortiguadores. El nivel del agua en cada uno de los compartimientos de los pozos amortiguadores corresponde al nivel de la corriente. Los flotadores conectados a los mecanismos de registro por medio de un sistema de cables y poleas, se mueven con las fluctuaciones del nivel del agua, para proporcionar un registro de la etapa de la corriente. El compartimiento corriente abajo vigila el nivel del agua en la tina detrás del vertedero de ángulo agudo, mientras que el compartimiento corriente arriba vigila el nivel del agua 10 pies (3.05 metros) corriente arriba del vertedero de ángulo ancho.

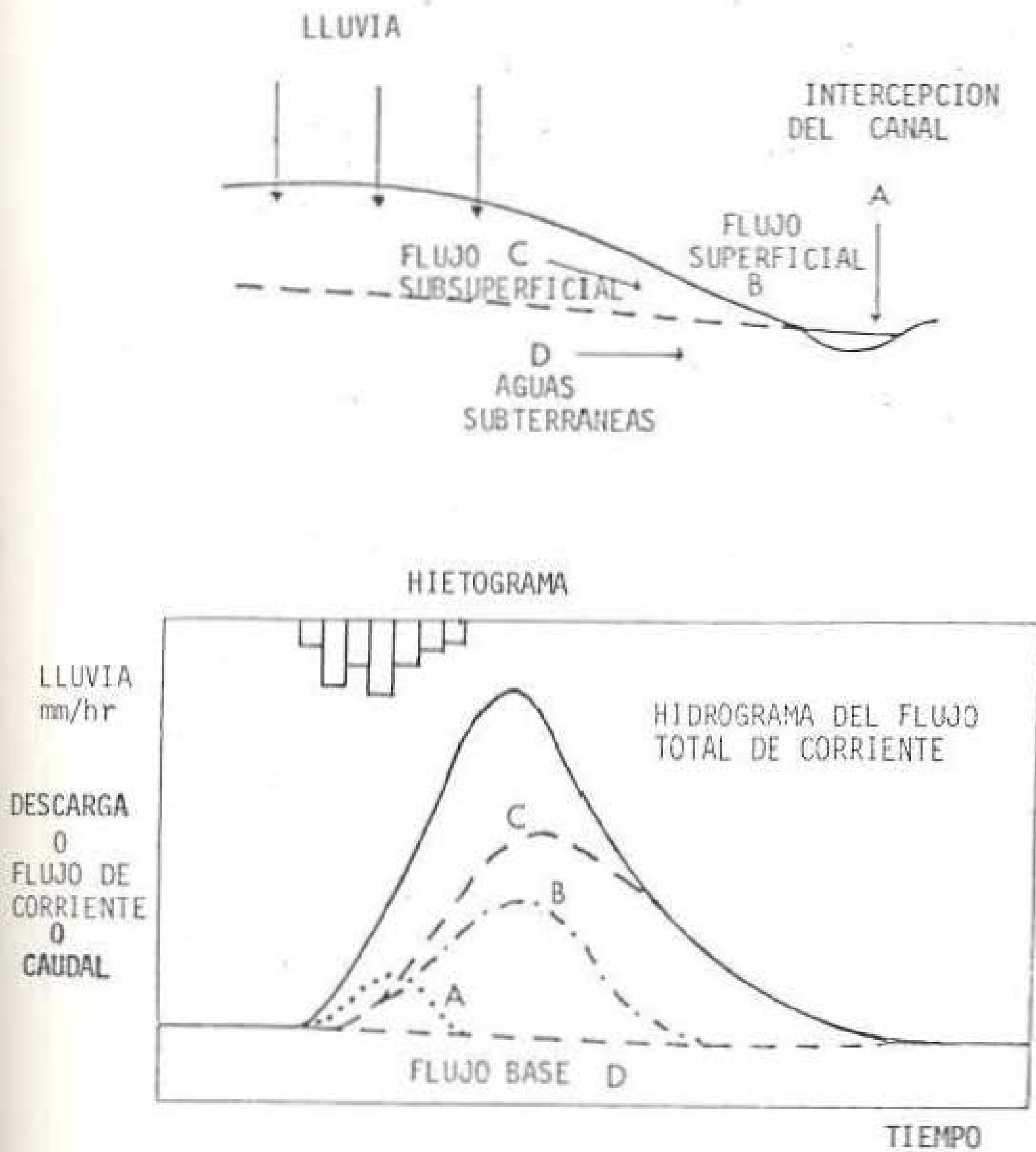
Cada uno de los vertederos de las subcuencas, contienen dos dispositivos sensitivos a la presión conocidos como servo-manómetros, que responden a cambios en los niveles del agua (figura No.4.3). Se usaron servo-manómetros en vez de dispositivos operados por flotadores debido a la dificultad y costo representados al tratar de construir pozos amortiguadores en terreno escabroso con acceso limitado (figura No.4.4).

Contrario al método de flotadores, los servo-manómetros responden a las fluctuaciones en niveles del agua, por medio de un mecanismo que registra las diferencias de presión causadas por cambios en los niveles de agua.

Al funcionar, se bota contínuamente una pequeña cantidad de gas en forma de burbujas a través de un tramo de tubo plástico, que conecta el sensor servo-manómetro a la corriente. Las variaciones en el flujo, causan un cambio correspondiente de presión en el sensor, que automáticamente hace ajustes por cambios de nivel del agua a través de un servo motor. La salida se transmite a un registrador para proporcionar una indicación del nivel del agua.

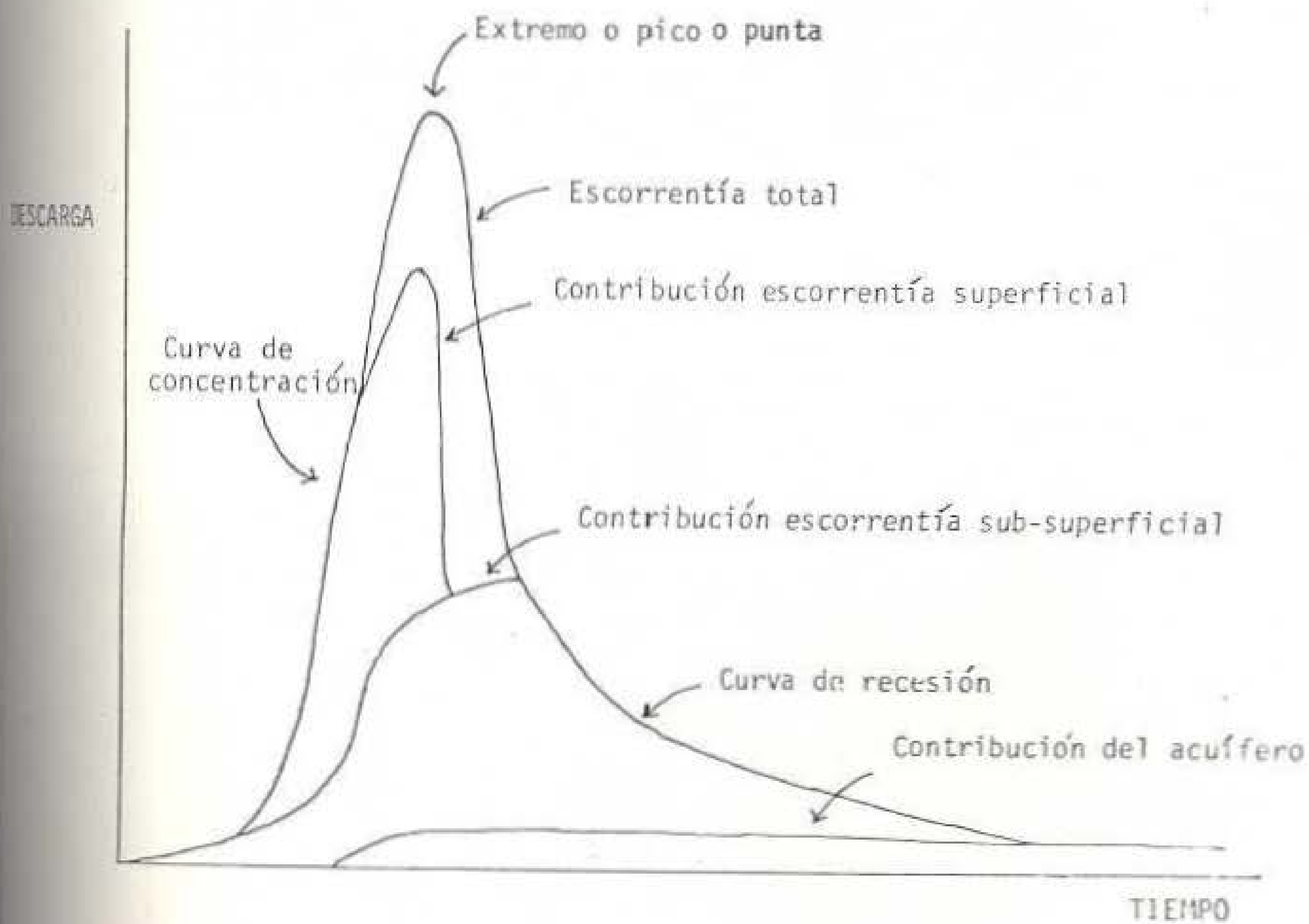
Los mecanismos registradores usados en cada uno de los sitios de los vertederos, incluyen un registrador digital del tipo Fischer-Porter o Stevens (los cuales son similares a los utilizados para registrar la precipitación) y un registrador (limnígrafo) de trazo análogo Stevens A-35 ó A-71 (figura No.4.5). Los registradores digitales registran la altura en la escala con una serie de perforaciones en una cinta de papel de 16 canales (figura No.4.6). Un contador de tiempo activa el ciclo de perforación del registrador a intervalos de 15 minutos. El Stevens A-35, es un registro gráfico del cual pueden leerse alturas a escala en diversos intervalos de tiempo (figura No.4.7).

Cada vez que la información es recogida, se llena una hoja de inspección, en la cual se detalla los aspectos más importantes sobre el funcionamiento de los instrumentos (figura No.4.8).




RELACION ENTRE LOS FLUJOS DE CORRIENTE DE UNA CUENCA
Y EL HIDROGRAMA DE DESCARGA

GRAFICA N° 4.1




ANALISIS DE UN HIDROGRAMA DE UN RIO Y SUS RESPECTIVOS COMPONENTES

GRAFICA N° 4.2

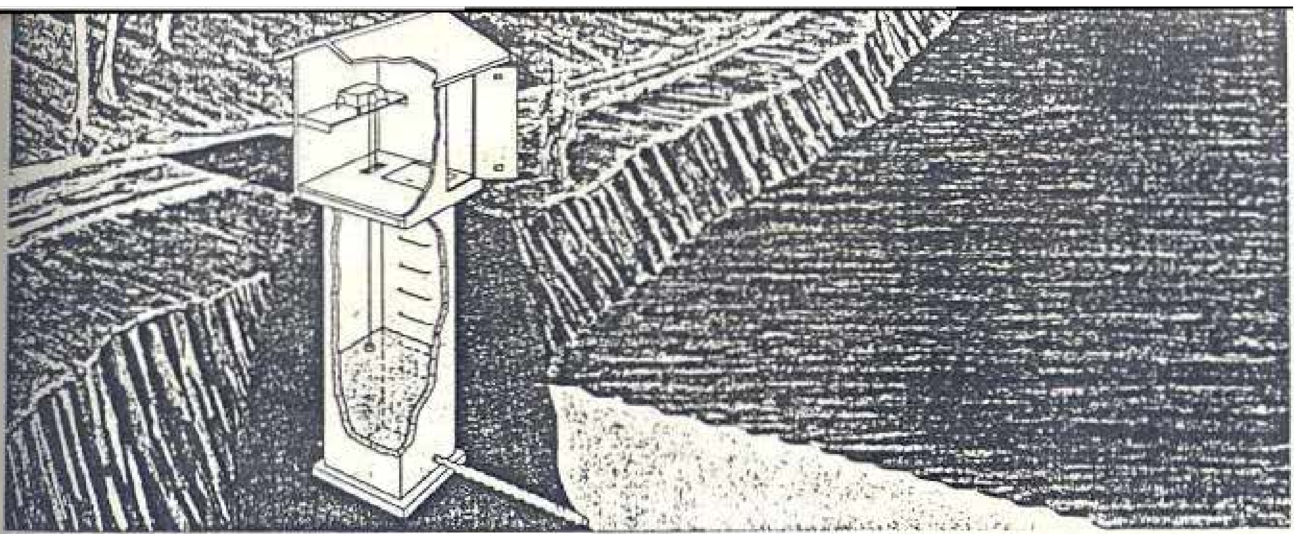


VERTEDERO N° 3

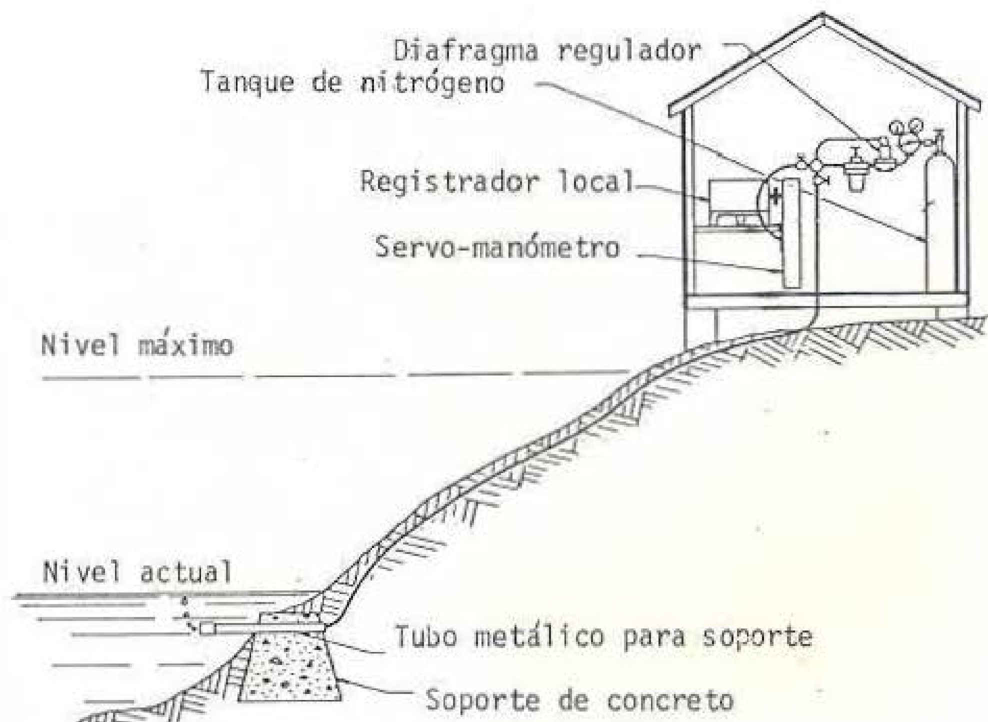


VERTEDERO N° 1

FIGURA N° 4.1



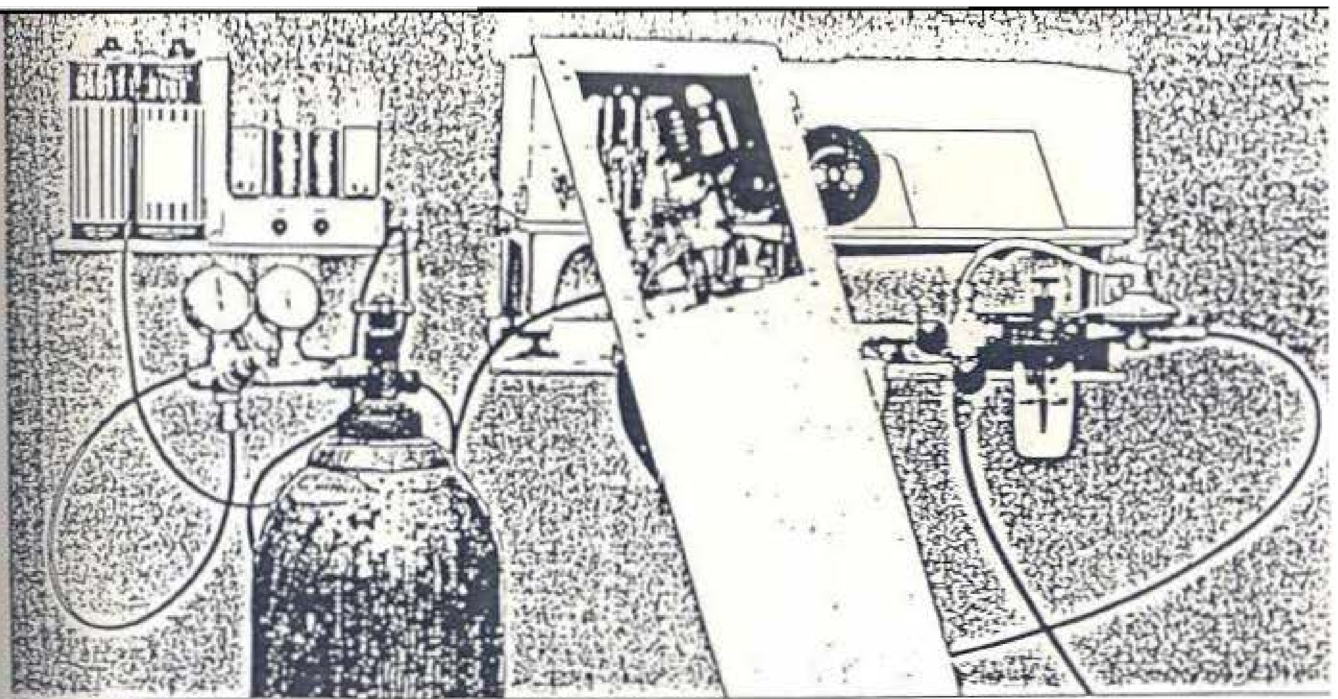
ESQUEMA TIPICO DE LA ESTACION #1

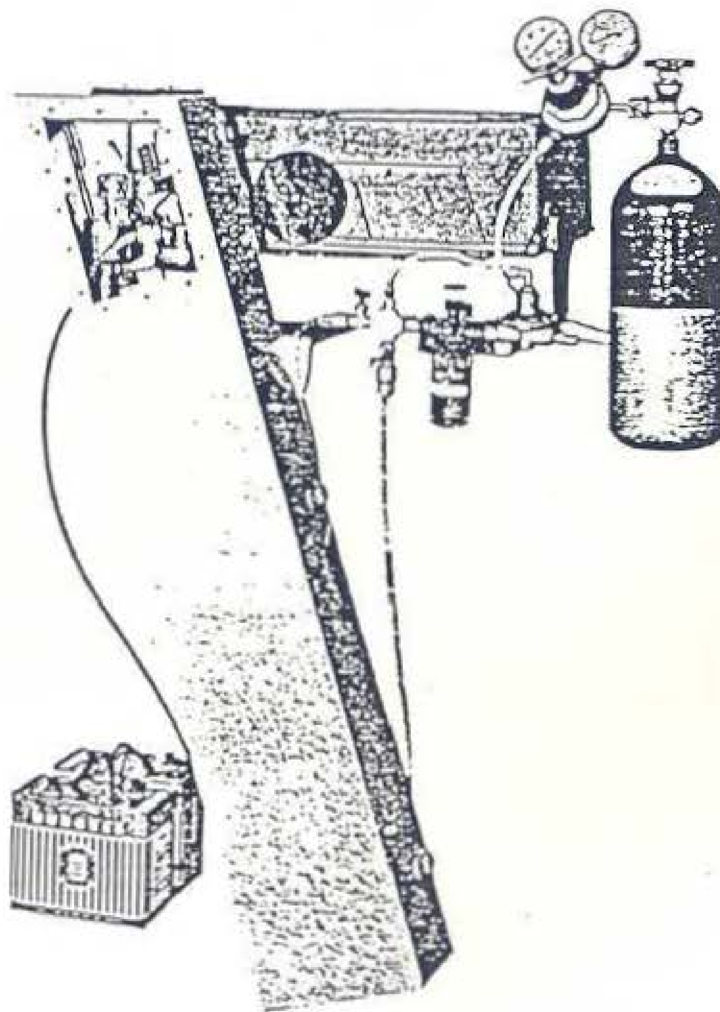



ESQUEMA TIPICO DE LA ESTACION #2 y #3

ESQUEMAS TIPICOS DE LAS ESTACIONES MEDIDORAS DE DESCARGA

FIGURA N° 4.2





VISTAS TIPICAS DE UN
SERVO-MANOMETRO

FIGURA N° 4.3



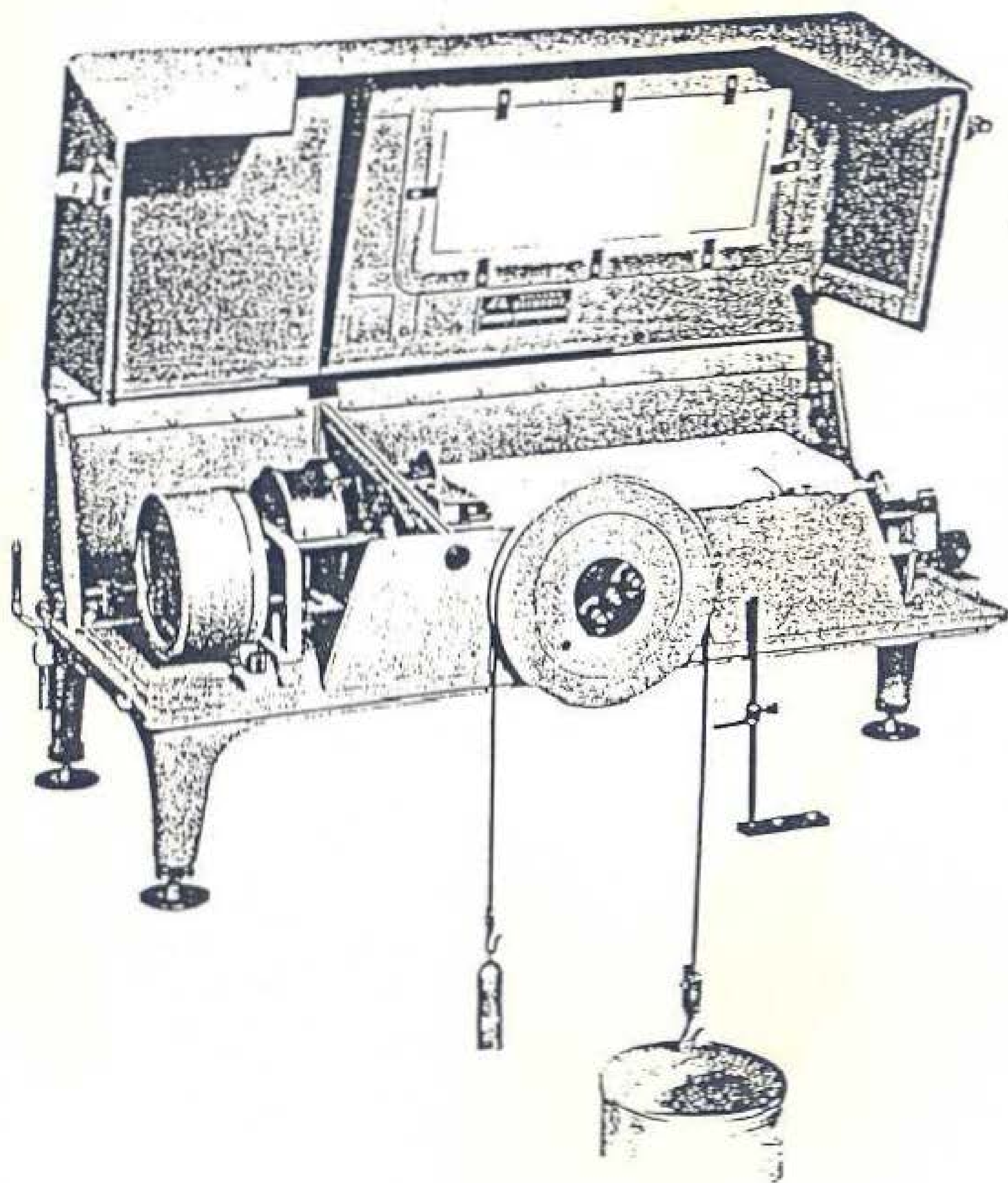
ESTACION LIMNIGRAFICA N° 3



ESTACION LIMNIGRAFICA N°2

UBICACION EN TERRENO ESCABROSO DE ESTACIONES LIMNIGRAFICAS EN LAS SUBCUENCAS

FIGURA N° 4.4



LIMNIGRAFO DE LECTURA CONTINUA

STEVENS A-35

FIGURA N° 4.5

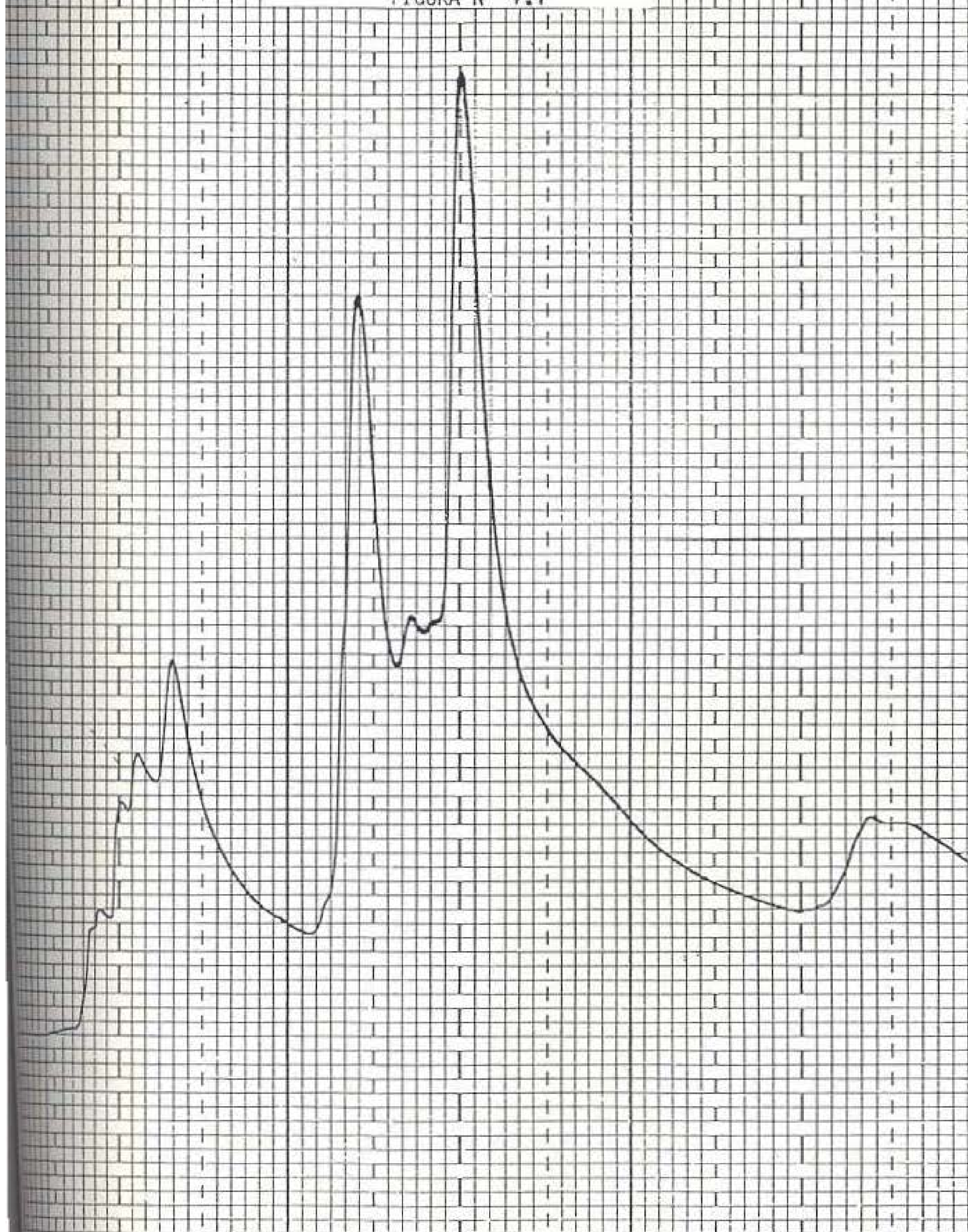



REGISTRO DIGITAL EN CINTA DE
PAPEL DE 16 CANALES

FIGURA N° 4.6

REGISTRO GRAFICO DE UNA CRECIDA

FIGURA N° 4.7



COMISION DEL CANAL DE PANAMA

OFICINA METEOROLOGICA E HIDROGRAFICA

# INSPECCION DEL FISCHER & PORTER

Estación RAS W#1 DS — Fecha AGOSTO 26/1982

Inspector J. MANXOT — Dia JUEVES

Instrumento No. 39 — Reloj No. 5

1. ¿Estaba trabajando bien el instrumento cuando Ud. llegó? SI
2. ¿Si se paró, examinó la causa? N/A
3. ¿HA APAGADO EL INTERRUPTOR (SWITCH)? N/A
4. ¿En la Cinta de Rio, adelantó la cinta 3 ó 4 espacios antes de removerla e hizo una perforación manual? SI
5. ¿En la Cinta de Lluvia adelantó la cinta 3 ó 4 espacios antes de removerla y antes de drenar el tanque e hizo una perforación manual? N/A
6. ¿En la Cinta de Lluvia, ha hecho una perforación manual después de drenar el tanque? N/A
7. ¿Hora de su reloj? 11:01 ¿Hora de la cinta? 11:00
8. ¿Lectura de la mira? 41.71 S. B. E.
9. ¿Lectura de los discos? 41.71 ¿Lectura de la cinta? 41.71
10. ¿Anotó la información en la cinta removida? SI
11. ¿Ha dejado 18 pulgadas de cinta al final de la cinta al removerla? SI
12. ¿Cambió el rollo? NO ¿Dias que quedan en el rollo? 36
13. ¿Ha dejado 18 pulgadas de cinta al comienzo de la cinta? SI
14. ¿Anotó la información en la cinta al comienzo? SI
15. ¿Colocó la cinta detrás del rodillo? SI ¿Perforación alineada? SI
16. ¿Perforación nítida? NO (*) ¿Está el resorte en su lugar? SI
17. ¿Están apretados los tornillos en la rueda de la boya? SI
18. ¿Hizo 12 perforaciones manuales antes de iniciar el registro? SI
19. ¿Tiempo de perforación en segundos? 7 Si es más de 10 segundos cambie la bateria. ¿Cambió la bateria? NO
20. ¿Está cerrada la llave? N/A ¿Está la manguera dentro del tanque? N/A
21. ¿Ha examinado y limpiado la cañería de entrada al tanque? N/A ¿Destapó la toma? N/A
22. ¿PRENDIO UD. EL INTERRUPTOR (SWITCH)? N/A
23. ¿Presión del tanque de nitrógeno? N/A
24. ¿Estaba funcionando correctamente el instrumento cuando partió de la estación? SI
25. ¿Ha llenado todos los espacios de este formulario antes de la partida? SI

NOTAS Y PREGUNTAS:

* PERFORACIONES NO MUY CLARAS — SE CAMBIO BLOQUE DE PERFORACION.

JUL 20 142
AUG 26 105
37 = 37 DIAS
OK.
JH

HOJA DE INSPECCION

FIGURA N° 4.8

## B. EVAPOTRANSPIRACION

Es el proceso conjunto de la evaporación y la transpiración, mediante el cual el agua líquida en superficies de tierra y agua se convierte en vapor.

Generalmente cuando se realiza un estudio en que intervenga el equilibrio de las aguas de una cuenca, la evaporación y la transpiración serán tratados como un solo proceso (evapotranspiración) y no independientemente.

La evapotranspiración se da en un medio si se cumplen los siguientes requisitos:

1. Un flujo de energía hacia las superficies de evaporación o transpiración.
2. Un flujo de vapor de agua escapándose de estas superficies.
3. Un flujo de agua líquida hacia estas superficies.

Si uno o más de estos flujos resulta alterado, se producirá un cambio correspondiente en la pérdida total de evapotranspiración en la superficie. Las condiciones que controlan el flujo neto de energía por radiación, convección y conducción hacia las superficies de evaporación, determinan la cantidad de energía disponible para el calor latente de vaporización. El albedo o reflectividad de la superficie de evaporación, determina la proporción de radiación solar incidente que es absorbida por la superficie.

Se calcula que aproximadamente un promedio bastante alto de la precipitación total, es devuelta a la atmósfera mediante este fenómeno.

La evaporación es influida directa o indirectamente por la presión y la humedad atmosféricas, la velocidad del viento, la temperatura y la radiación solar. Por otro lado, la evaporación influye grandemente la humedad existente en la superficie evaporadora.

De manera general la evaporación:

1. Es proporcional a la temperatura (a mayor temperatura, mayor evapotranspiración y viceversa).
2. Depende del movimiento del aire (el viento transporta el vapor de agua lejos de su fuente de origen y a veces arrastra aire más caliente o más frío).
3. Depende de la humedad relativa (a mayor humedad relativa, menor evaporación y viceversa).
4. Depende de la presión atmosférica (el aumento de ésta dificulta la difusión del vapor).

Se distinguen 4 formas de evapotranspiración:

1. Evaporación en la superficie libre del agua; su valor está determinado fundamentalmente por la temperatura.

2. Evaporación en la superficie del suelo; es de menor intensidad que en la superficie del agua, debido a las fuerzas de retensión en el suelo y a la intervensión de una gran variedad de factores físicos.

3. Transpiración de la vegetación; proceso por el cual el vapor de agua se desprende de las plantas principalmente de las hojas y pasa a la atmósfera.

La transpiración está determinada por:

a) La cantidad de energía necesaria que suple la demanda de calor latente para la evaporación del agua.

b) La disponibilidad de agua en la superficie de la planta, cuando ocurre la evaporación.

c) La existencia de un mecanismo de transferencia para mover el vapor de agua de la superficie de la planta donde ocurre evaporación a la atmósfera.

4. Evaporación por intercepción; parte de la lluvia que es interceptada por la vegetación y es evaporada y devuelta a la atmósfera.

Cuando realizamos un estudio sobre el balance hídrico de una cuenca o región, la evapotranspiración podrá ser expresada como real, potencial o ambas, dependiendo del tipo de estudio que vayamos a realizar.

La evapotranspiración potencial, fue definida por Thornthwaite como "la pérdida de agua que ocurriría si en ningún momento existiera una deficiencia de agua en el suelo para el uso de la vegetación". Esta afirmación teórica está muy lejos de su aplicación dentro de la cuenca del Río Agua Salud y por lo tanto no fue calculada.

La evapotranspiración real, viene siendo la diferencia entre el agua que entra a una cuenca en forma de precipitación y la que sale por los ríos en forma de descarga, incluyéndose aquí la infiltración en los suelos, y el cambio de almacenamiento en el embalse.

La gran importancia que representa la evapotranspiración dentro del ciclo hidrológico, nos ha obligado a buscar métodos para poder medirla tanto directa como indirectamente.

Primeramente poseemos la ecuación del balance hídrico, la cual se puede expresar como:

$$EVPTr = P-E-I-(Si-Sj)$$ donde

EVPTr--Evapotranspiración real

P--Precipitación

I--Infiltración

E--Escorrentía o descarga

(Si-Sj)--Cambio de almacenaje

El término I, es muy difícil de evaluar y depende en gran medida de la cobertura vegetal, suelos, geología y pendiente.

El término (Si-Sj), carece de importancia en períodos largos y depende mucho de las características de la cuenca.

Los términos I y (Si-Sj), no tienen mucha importancia dentro del balance de cuencas pequeñas, especialmente si éstas son de alta pendiente y topografía escarpada.

Para efectos prácticos la EVPTr media puede calcularse como:

$$EVPTr = P-E$$

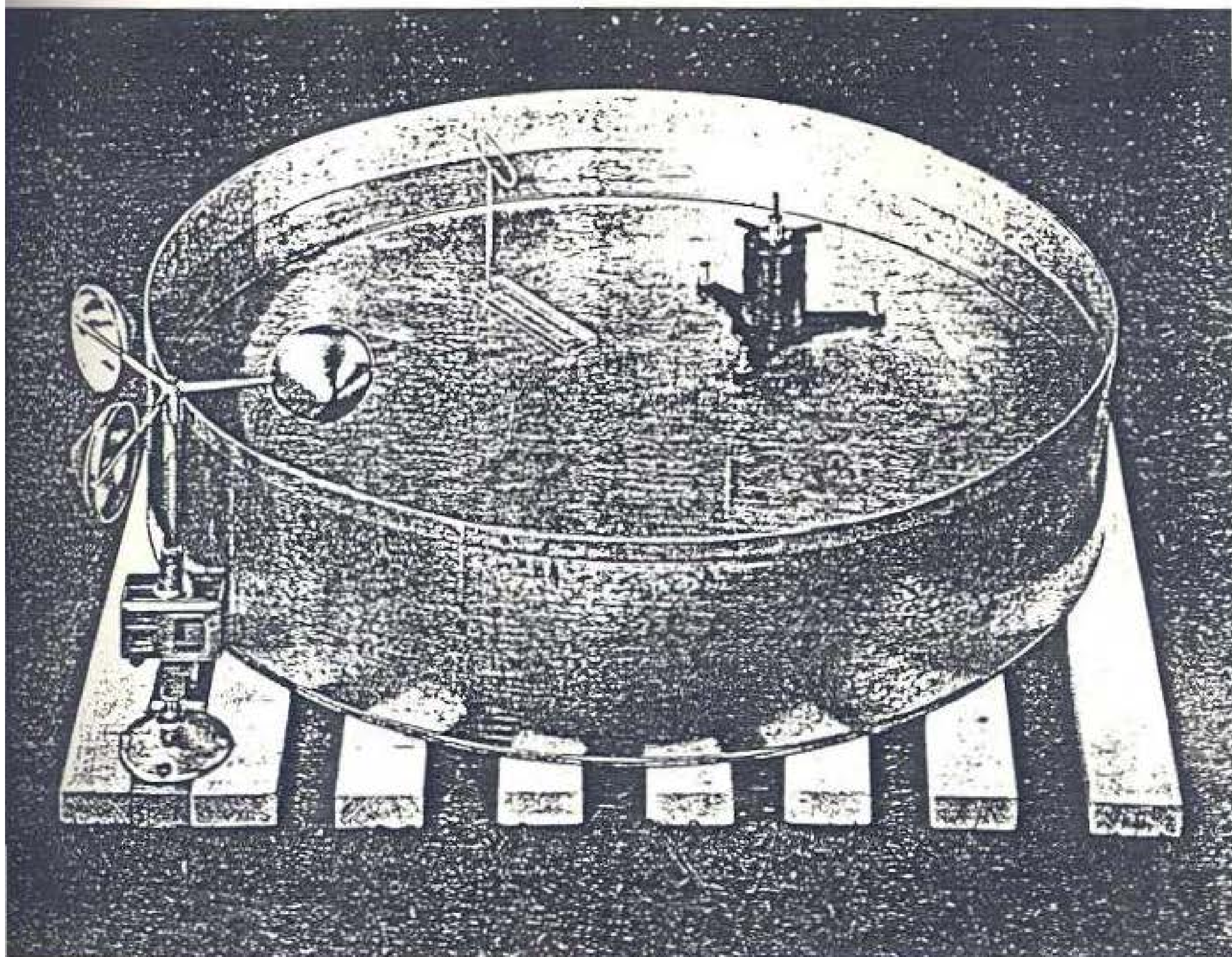
para estimaciones anuales

Para la medición del grado de evaporación de un área en forma directa, se utiliza un evaporímetro.

En nuestro caso, el evaporímetro utilizado (clase A), consiste en un recipiente circular de aproximadamente 1.20 metros de diámetro y 0.26 metros de alto (figura No.4.9) y está ubicado en la estación de Gatún (figura No.4.10).

El procedimiento usado para la medición, consiste en llenar el recipiente mencionado hasta un nivel arbitrario y medir la variación del nivel después de cierto tiempo, usualmente un día. Para medir el nivel del agua se introduce dentro del recipiente un cilindro de reposo que contiene un tornillo con vernier. La diferencia de niveles proporciona el índice de evaporación ocurrida en el evaporímetro.

El problema que plantean las mediciones de evaporación efectuadas con el evaporímetro, es su extrapolación a la zona donde se quiere conocer esta componente. En el caso del almacenaje en una presa o un lago, el principal problema es la variación de la masa de agua almacenada con respecto a la contenida por el evaporímetro. Puede decirse que la evaporación registrada por el evaporímetro, es mayor que la evaporación que pueda sufrir el sitio en estudio. La relación de evaporaciones se conoce con el nombre de coeficiente del evaporímetro. Este coeficiente es variable y usualmente se utiliza el valor medio de 0.70.



RECIPIENTE CIRCULAR PARA EL CALCULO DE LA EVAPORACION EN UNA REGION DADA

FIGURA N°4.9



ESTACION METEROLOGICA DE GATUN

FIGURA N° 4.10

## C. HUMEDAD DEL SUELO

Se conoce como humedad de suelo a la cantidad unitaria de agua contenida en un volumen dado de suelo; existiendo también los siguientes términos relacionados con lo anterior.

Humedad absoluta del suelo: Cantidad de agua contenida en el suelo, expresada en porcentaje de la masa de suelo a cada nivel.

Humedad disponible del suelo: Porción del agua pelicular que es fácilmente sustraída mediante la acción de las raíces de la vegetación.

Humedad relativa del suelo: Relación del vapor real de la humedad absoluta y el vapor que tendría si el logaritmo decimal del potencial capilar fuese 2.7. Esta relación se expresa en términos de porcentaje.

Generalmente, se trata a la región de humedad del suelo aquella en la cual penetran las raíces de las plantas y tiene un rango de profundidad hasta de 10 metros a partir de la superficie. Debajo de esta región se encuentra la franja capilar, que está encima del nivel freático y en la cual impera la tensión capilar que obliga al ascenso del agua. En los casos en que el nivel freático este cerca de la superficie, ambas regiones anteriores forman en conjunto, una región intermedia que posee un nivel de humedad constante.

La humedad del suelo puede encontrarse distribuida en diversas formas como por ejemplo: agua gravitacional en tránsito dentro de los intersticios más gruesos, agua capilar en los poros más pequeños, agua higroscópica adherida en una capa delgada alrededor de los granos del suelo y como vapor de agua.

Entre las características del suelo que influyen en su humedad tenemos:

1. Relaciones de la tensión de humedad: son aquellos factores que afectan la cantidad de agua en el suelo y la capacidad de campo.

2. Contenido de sal: la presencia de la sal en los suelos, sea aplicada por fertilizantes o que ocurra por procesos naturales influye en la ascendencia del agua en los suelos.

3. Profundidad del suelo: si todos los otros factores se mantienen iguales, los suelos más profundos harán más aprovechable el agua por la mayor capacidad de sostén de la humedad.

4. Grado de estratificación del suelo: influye en el agua aprovechable del suelo.

En nuestro caso, las muestras tomadas en la cuenca experimental, fueron llevadas al laboratorio para determinar su pérdidad de peso luego de ser secadas en el horno. La diferencia entre el peso al tomarse la muestra y el que posea luego de secada nos dará su porcentaje de humedad; este método mencionado se llama gravimétrico. Otros métodos también utilizados son: tensiómetro (miden la tensión de agua retenida en el suelo), resistencia (miden la resistencia de un bloque de suelo muestra por medio de la corriente eléctrica que presente) y medidores nucleares (en los cuales, neutrones rápidos dispersados en un tubo de muestreo, disminuyen su velocidad debido a la presencia de hidrógeno.

## D. HUMEDAD RELATIVA

Se expresa en forma de proporción, fracción o porcentaje. Representa la cantidad de vapor de agua que está presente en el aire (humedad absoluta), comparada con la máxima cantidad que puede estar presente a la misma temperatura. Cuando la humedad relativa alcanza el 100%, el aire está saturado. Por ejemplo, el aire puede contener aproximadamente 8 gramos de vapor de agua por pie cúbico, si sólo contiene 6 gramos, estará solamente tres cuartos saturado y su humedad relativa será del 75%.

La humedad relativa, cambia con los alteraciones de la cantidad de vapor de agua o de la capacidad del aire, por ejemplo, con cambios de temperatura. Por otro lado, la humedad relativa tiene gran importancia en la determinación de la cantidad y rata de evaporación. Está relacionada a la condensación y la precipitación, ya que a mayor humedad relativa, menor la cantidad de enfriamiento para que la condensación comience.

La humedad relativa generalmente decrece cuando la temperatura aumenta en un día de verano caliente y disminuye cuando la temperatura baja en una noche fría. En el período de un día, la humedad relativa es usualmente alta al comienzo de la mañana y baja a mediados de la tarde.

Para la medición de la humedad relativa se utilizan los instrumentos denominados higrómetros o higrógrafos. Para la medición conjunta de la temperatura se utilizan los higrotermógrafos (figura No.4.11).

El elemento fundamental de este instrumento es el cabello humano, el cual incrementa su largo cerca de un 2.5% y lo cual representa una escala de 0 a 100% de humedad relativa; dependiendo del tipo de cabello, así mismo será su rango de expansión total, pero siempre existirá una relación entre la humedad relativa y la elongación total. Esta relación es muy parecida a la logarítmica.

Como muchos materiales, el cabello incrementa su largo al aumentar la temperatura. Esto requiere una corrección de temperatura que sólo se puede obtener por calibración. Esta corrección tampoco es constante y se hace mayor cuando aumenta la temperatura.

El higrotermógrafo, también presenta ciertos inconvenientes. Usualmente un solo cabello no es lo suficientemente fuerte para soportar o manejar el brazo de la pluma en el registro. Por esto se utiliza un grupo de cabellos. Mucha de la sensitividad de los cabellos se pierde de esta forma, pero se ha comprobado que un solo cabello, lo suficientemente fuerte y resistente como el de los caballos, es mejor que un grupo de cabellos humanos.



HIGROTERMOGRAFO

FIGURA N° 4.11

## E. INTERCEPCION

Es el proceso en la cual la precipitación es detenida por la cubierta vegetal y redistribuida mediante el paso a través del follaje, el descenso por los tallos, la absorción por los tejidos de las plantas y la evaporación de las superficies de detención. El agua que pasa a través del follaje y la que baja por los tallos, representa la precipitación neta en relación con la precipitación bruta, que es la cantidad recogida en el campo abierto o sobre las copas de los árboles. La precipitación que queda en la cubierta de las hojas y que no llega al suelo se llama pérdida por intercepción. La precipitación que pasa la cubierta forestal, comunmente se le denomina lluvia pasante.

Una vez que ha ocurrido una lluvia, el tipo, la cantidad y la condición de la vegetación, pueden influir en una gran manera en dónde y cuánta precipitación llega a la superficie del terreno. En el trópico, las múltiples capas de vegetación, pueden atrapar y almacenar gran cantidad del agua de la precipitación que finalmente se evapora, siendo así pérdida por la cuenca pluvial. Se ha estimado que un gran porcentaje de la precipitación anual en los trópicos puede perderse por el efecto de la intercepción de los bosques. Por otro lado las hierbas llegan a interceptar de un 10% al 20% del total de precipitación.

La cantidad de agua interceptada, puede eliminar o reducir la transpiración, y por consiguiente, no debe ser considerada como una pérdida total por la masa forestal. Debido a esto, la pérdida efectiva por intercepción, debía ser la cantidad de agua interceptada que se evapora del follaje, sustrayendo la transpiración bajo condiciones similares. Está comprobado que este tipo de pérdidas está influenciado y depende en gran medida de los factores climatológicos.

La mayoría de los estudios realizados para determinar la influencia de la cobertura boscosa, están realizados en zonas templadas, las zonas tropicales difieren mucho de las anteriores. Primeramente, en el trópico la lluvia es el tipo de precipitación característica y la cobertura vegetal está compuesta por bosques latifoliados siempre verdes. Esto es cierto, para aquellos bosques con una buena distribución anual de humedad. Sin embargo, algunos tipos de vegetación de áreas secas, pierden las hojas en la época seca. Se puede observar que durante el período de sequía, las pérdidas por intercepción son insignificantes debido a la ausencia de lluvias.

Para tener una representación característica del efecto de intercepción en la cuenca del Río Agua Salud, se colocó un pluviómetro dentro de la cubierta forestal (figura No.4.12) a una distancia de aproximadamente 250 metros de otro pluviómetro en una zona despejada. Los canales recolectores fueron ubicados debajo de una masa forestal más o menos representativa.



ESTACION PLUVIOMETRICA BAJO CUBIERTA BOSCOSA

FIGURA N° 4.12

## F. PRECIPITACION

Es el proceso por medio del cual la humedad, que se encuentra en la atmósfera en forma de vapor, se precipita sobre la superficie terrestre en forma de gotas de lluvia.

La precipitación se da cuando se cumplen tres condiciones en la atmósfera:

1) Se satura la atmósfera.
2) Se encuentran en la atmósfera pequeñas partículas o núcleos, para que ocurra condensación.
3) Se unen las partículas de agua y aumentan de tamaño para caer debido al efecto de gravedad.

Normalmente la precipitación ocurre cuando una masa de aire se enfría al elevarse y alcanza su presión de vapor saturado. Las masas de aire se elevan como resultado de:

1) Sistemas frontales
2) Sistemas orográficos
3) Convección

Tipos de precipitación:

Frontal: Ocurre cuando dos masas de aire de diferentes temperaturas y diferentes índices de humedad se ponen en contacto debido al movimiento general y el aire se eleva en las superficies frontales.

Un frente frío resulta de una masa de aire frío que reemplaza y eleva una masa de aire caliente. Por el contrario, un frente cálido resulta cuando una masa de aire caliente es elevado por una masa de aire frío. Los frentes fríos se caracterizan por lluvias de gran intensidad de una duración relativamente breve y normalmente son de menor extensión que los frentes cálidos.

Orográfica: Ocurre cuando una masa de aire se ve forzada a subir por encima de sistemas montañosos como resultado del movimiento general del aire. Al elevarse la masa de aire, un mayor volumen de la masa de aire alcanza la presión de vapor saturado dando como resultado un aumento de la precipitación conforme se eleva la altitud. Una vez que la masa de aire pasa las montañas se produce un descenso y calentamiento del aire. Esto lleva como resultado un efecto de falta de lluvia a sotavento de las montañas.

Convectiva: Es el resultado del excesivo calentamiento de la superficie de la tierra; cuando el aire más próximo a la superficie se calienta más que la masa de aire que está encima y se produce una elevación de esta última. Al elevarse el aire y producirse la condensación, el calor latente de la vaporización es liberado, más energía es añadida a la masa de aire y se produce una mayor elevación. Las tormentas convectivas se caracterizan por lluvias de gran intensidad y de corta duración sobre zonas bastante reducidas. De todas formas pueden darse varias tormentas de truenos sobre una extensa área que pueden causar inundaciones provocadas por avalanchas de agua.

Formas de precipitación: Existen varias formas de precipitación. Las más usuales dentro del clima tropical son:

Llovizna: Comprende gotas pequeñas de agua cuyo diámetro varía de .1 a .5 mm. Cae de estratos bajos y en muy pocas ocaciones pasan de 1 mm/h.

Rocío: Se forma por la condensación sobre el suelo, principalmente durante la noche cuando la superficie se ha enfriado.

Lluvia: Gotas de agua líquida con un diámetro aproximado de .5 mm o mayor. Según su intensidad las lluvias se pueden clasificar en tres categorías:

Ligera: Hasta de 2.5 mm/h.

Moderada: De 2.5 a 7.6 mm/h.

Fuerte: Mayor de 7.6 mm/h.

Otras formas de precipitación que existen pero no son aplicables a nuestro estudio experimental son: Escarcha, nieve, granizo, bolitas de nieve, aguanieve, etc.

Finalmente podemos establecer las siguientes leyes empíricas que provienen de observaciones en una gran cantidad de estaciones hidrometeorológicas alrededor del mundo.

1) La precipitación es mayor en el ecuador y decrece al aumentar la latitud (debido a la zona de convergencia intertropical).

2) La precipitación disminuye a medida que penetramos en el interior de los continentes (por el abandono progresivo de la humedad bajo forma de lluvia).

3) La precipitación tiende a ser más fuerte en las proximidades de las costas (debido a la evaporación de las grandes masas de agua).

4) La precipitación en las laderas de las montañas tiende a ser mayor en barlovento que en sotavento (explicado anteriormente).

5) Las precipitaciones aumentan con la altitud (porque la evaporación y la temperatura son menores a medida que aumenta la altitud mientras que la humedad y los disturbios de aire son mayores).

El proyecto del Río Agua Salud requiere una medida que sea representativa de la precipitación en el área. Para cumplir con este fin, se cuenta con seis recolectores de agua de 12 pulgadas (30.5 cm) de diámetro cada uno (figura No.4.13). Estos fueron distribuidos en el área a razón de un recolector por cada 0.8 millas cuadradas (2.1 kilómetros cuadrados).

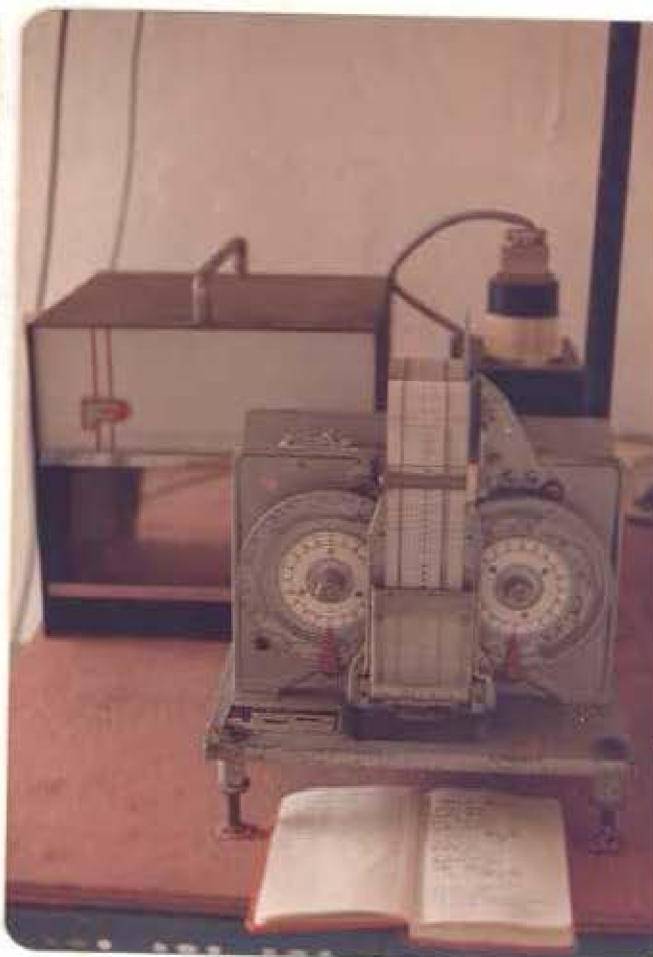
Los recolectores de lluvia se colocaron en techos de refugios de madera, diseñados y construidos por personal del Ramo Metereológico e Hidrográfico.

Los refugios son del tipo de casetas lo suficientemente amplias para acomodar un tanque con almacenaje para agua de lluvia y un registrador digital de cinta de papel. La lluvia del recolector se vierte con embudo dentro del tanque de almacenaje que contiene un flotador que descansa en el agua recolectada.

A medida que el agua va entrando en el tanque, el nivel de éste va subiendo, moviendo el flotador que, conectado por medio de un cable, hace girar una polea en el flotador que a su vez coloca en posición un juego de discos codificados. La salida de los discos codificados se transfiere a una cinta digital de papel para proporcionar un registro de precipitación acumulada contra tiempo. Un contador de tiempo operado por batería controla el intervalo entre las mediciones.

Los instrumentos encargados de registrar las lecturas de precipitación cada 15 minutos en la cuenca del Río Agua Salud, son los modelos Fischer & Porter (figura No.4.14) y Stevens (figura No.4.15).



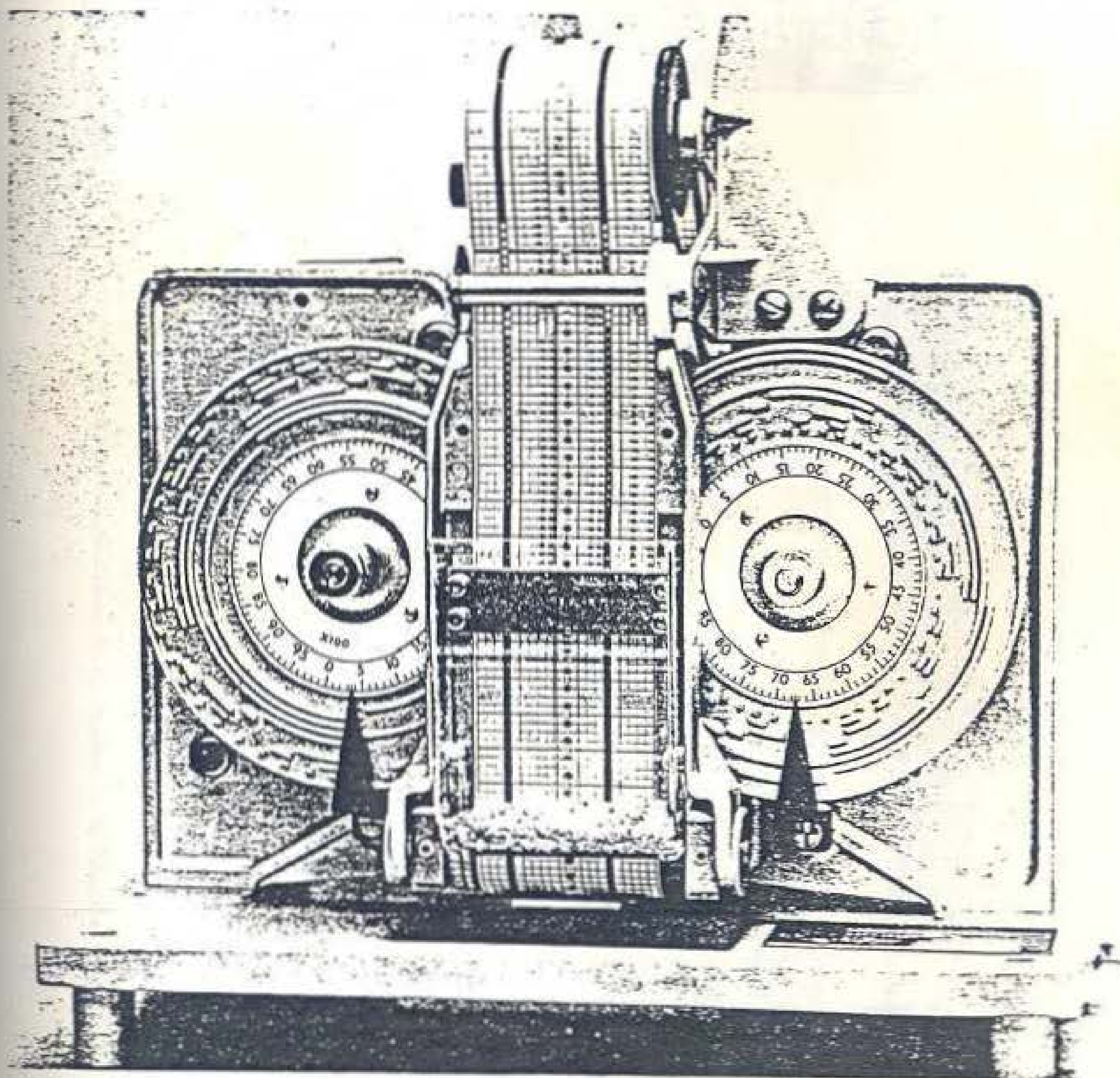


Recolector de precipitacion instalado en el techo de una de las casetas de medicion de lluvia.

Registrador digital Fischer & Porter

DIFERENTES ELEMENTOS DEL EQUIPO PLUVIOMETRICO

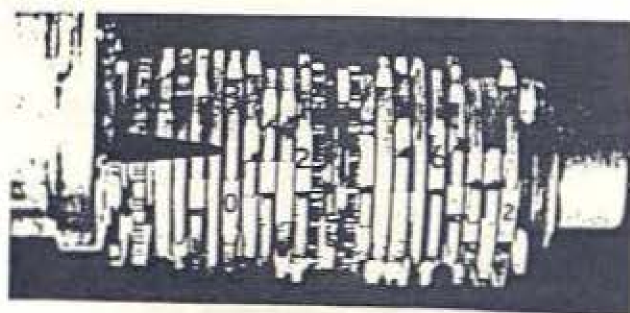
FIGURA N° 4.13

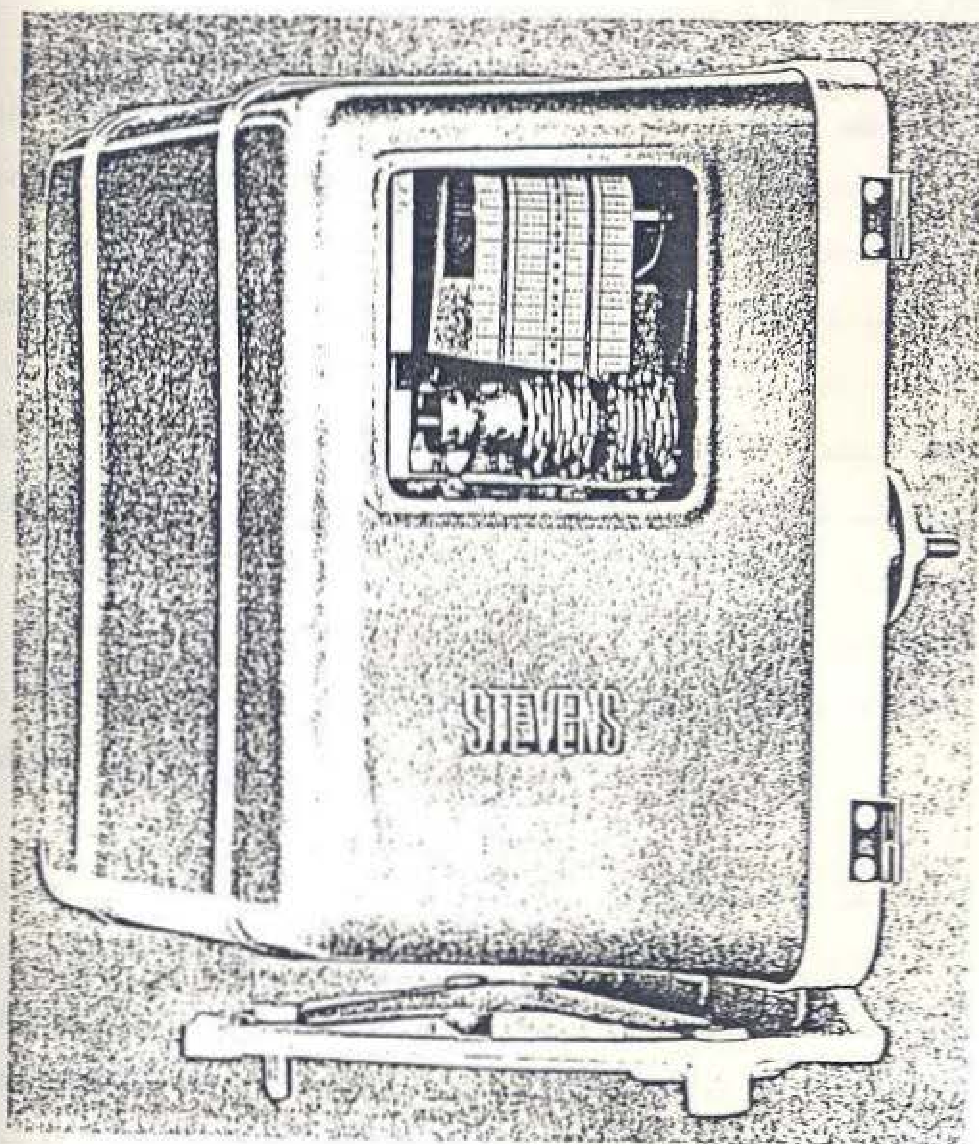


REGISTRADOR DIGITAL FISCHER & PORTER

FIGURA N° 4.14








REGISTRADOR DIGITAL STEVENS

FIGURA N° 4.15

## G. RADIACION SOLAR

Es la fuente principal de energía de nuestro planeta y determina sus características climatológicas. Esta energía no sólo controla el clima; es uno de los mayores elementos climáticos que en varias maneras afecta directamente el crecimiento y carácter de vida de los animales y vegetales.

La rata en la cual la radiación es recibida fuera de la atmósfera terrestre en una superficie normal a la radiación incidente, y a una distancia media entre el sol y la tierra, se denomina constante solar. En estudios realizados (Johnson 1954) se dedujo un valor para la constante solar de 2.00 Langleys por minuto (Ly/min). Este valor es superior al de los estudios anteriores debido principalmente a una revisión realizada en la estimación del segmento ultravioleta del espectro. La constante solar no es una verdadera constante, ya que fluctua hasta un 1.5% del valor medio. Valores de 1.91 Ly/min a 1.95 Ly/min se obtienen de observaciones a gran altitud, debido principalmente a la minorización de los efectos atmosféricos.

De la radiación solar que llega a los límites de la Tierra, gran parte es dispersada y absorbida en la atmósfera o se refleja en las nubes o en la superficie de la tierra. La radiación dispersada por la atmósfera promedia aproximadamente un 8% de la radiación solar incidente. Las nubes reflejan al espacio una gran cantidad de la radiación solar incidente.

La cantidad reflejada dependerá del tipo y cantidad de nubes, así como de su albedo.

Según sea el ángulo entre la superficie y la normal de la radiación incidente, así mismo será su intensidad. A mayor ángulo, menor intensidad; a mayor latitud menor intensidad (figura No.4.16), decreciendo del ecuador hacia los polos. Este fenómeno se debe principalmente a que los rayos oblicuos liberan menos energía que los rayos verticales, ya sea por una mayor superficie de esparcimiento y una mayor capa de absorción y reflexión de la atmósfera.

Si omitimos los efectos producidos por la atmósfera, la distribución de la radiación solar está determinada por: la intensidad de la radiación solar que está regida por el ángulo en que los rayos de sol hacen contacto con la tierra y la duración de la radiación solar, o la duración del día (si se compara con la noche).

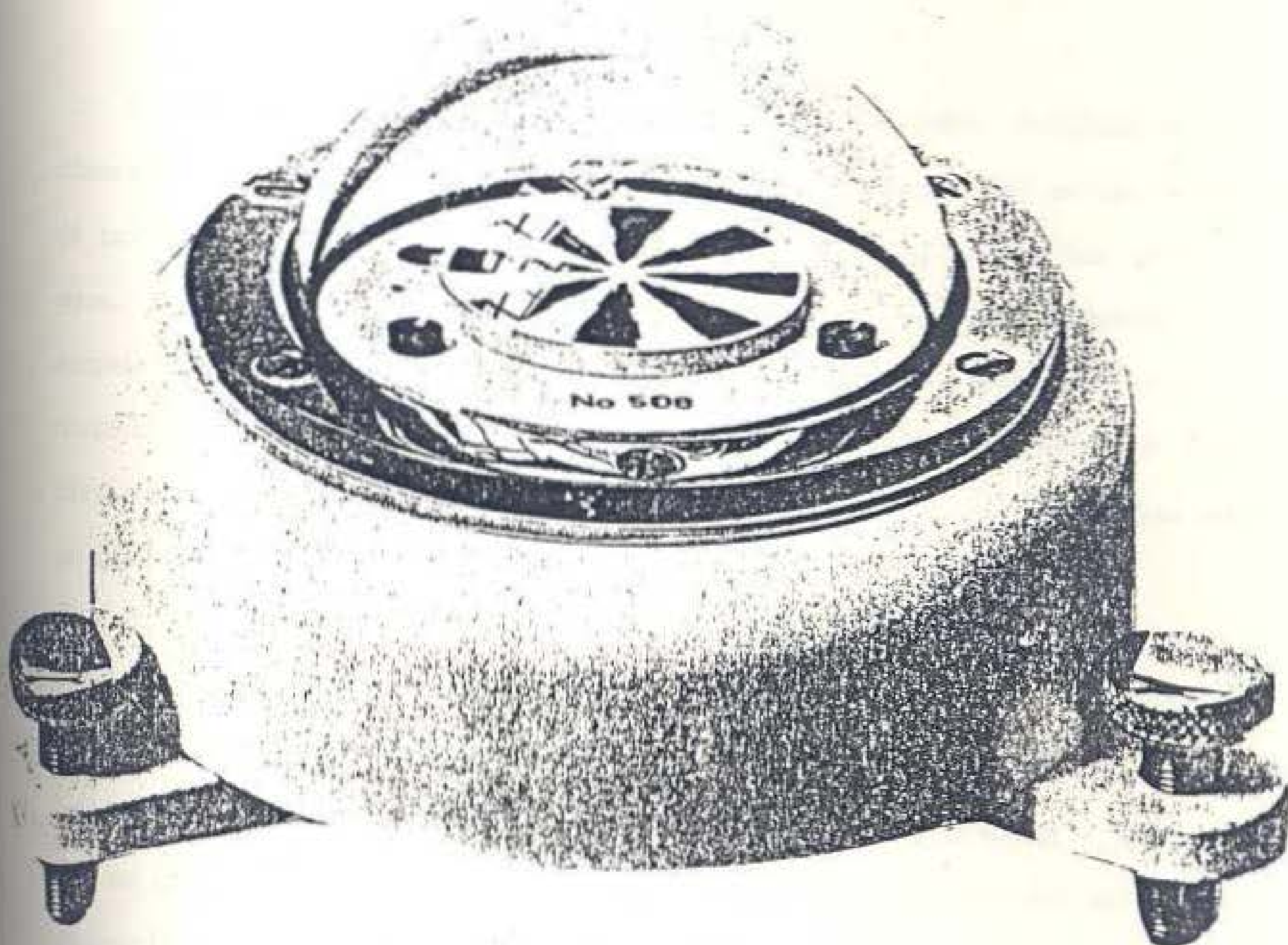
En nuestro estudio se utilizan piranómetros (figura No.4.17) los cuales miden la radiación solar global, es decir, la intensidad combinada de la radiación solar directa y la radiación difusa del cielo. Este instrumento ha probado ser muy útil en las mediciones en campo y es utilizado en estudios de agrometeorología y en ciencias sobre la foresta.

El piranómetro está colocado de tal forma y ubicación que permite tomar mediciones en sus 360° de observación sin que ningún factor ajeno lo obstruya o interfiera.




ANGULO DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE

FIGURA N° 4.16




APARATO MEDIDOR DE RADIACION SOLAR
"PIRANOMETRO"

FIGURA N° 4.17

## H. SEDIMENTACION

Primeramente sedimento se refiere a las pequeñas partículas de minerales y rocas transportadas por el agua, mientras que sedimentación es el proceso por el que se depositan las partículas transportadas por el agua. El sedimento es a menudo dividido en dos componentes: sedimento en suspensión y material pesado. Normalmente las mediciones del sedimento en suspensión y del material pesado se hacen por separado debido a las diferencias que existen en los tamaños y distribución de las partículas en un río.

El sedimento en suspensión consiste en materiales sólidos finos (arcillas, lodo, arenas finas) que se mantienen en suspensión encima del lecho de una corriente debido a la turbulencia del agua en movimiento. El material pesado está compuesto por los sedimentos más grandes y pesados que se arrastran, ruedan o rebotan a lo largo del fondo o lecho del canal de un río.

Generalmente la lluvia y el viento provocan el desprendimiento de las partículas del suelo (figura No.4.18), que posteriormente son transportadas hacia los ríos, lagos y mares. La sedimentación es producto de la erosión; que es un fenómeno perjudicial ya que produce la pérdida del material útil a la agricultura (en algunos casos es beneficiosa) o para el desarrollo de la vegetación, más adelante el sedimento al ser transportado en los cauces los modifica y por último llega a depositarse en algún embalse, lago o en el mar.

La cantidad de materiales sólidos desprendidos de una cuenca, dependen de los factores que gobiernan la erosión y que determinan la producción anual de sedimentos de la cuenca. Entre estos factores tenemos: tipos de suelos y rocas, usos de las tierras, intensidad y duración de las lluvias, cobertura vegetal, topografía y condiciones que pueda presentar el suelo antes de la lluvia.

El potencial erosivo de las lluvias es función de la velocidad de caida de las gotas de lluvia, de la resistencia de material que constituye el suelo y de la protección que pueda existir sobre la superficie del suelo.

Si la intensidad de la lluvia genera escurrimiento directo, éste contribuirá a la erosión según sus características de velocidad, concentración de flujo y pendiente de terreno que forme.

La resistencia del suelo a las fuerzas erosivas de la lluvia y el escurrimiento depende de ciertas propiedades del mismo como son: tamaño de las partículas, forma, peso específico y cohesión.

En el caso de los embalses, la capacidad de almacenamiento está afectada generalmente por:

1. La cantidad de sedimentos que entra al embalse.
2. El porcentaje de estas entradas que queda atrapado en el embalse.
3. La densidad de los sedimentos depositados.

En los ríos de la cuenca del Canal de Panamá para tomar las muestras de sedimentos en suspensión se utilizan medidores modelo DH-48 (figura No.4.19) los cuales cumplen satisfactoriamente su misión. Los métodos más utilizados dentro de la cuenca del Canal de Panamá en la toma de las muestras de los ríos son:

1. <u>Número de verticales</u>: El cual se utiliza cuando se desea determinar la concentración de sedimentos o el tamaño de las partículas a través de la corriente. El número de verticales para cualquier sección transversal depende en la precisión deseada y la variabilidad de los sedimentos a lo largo de la corriente.

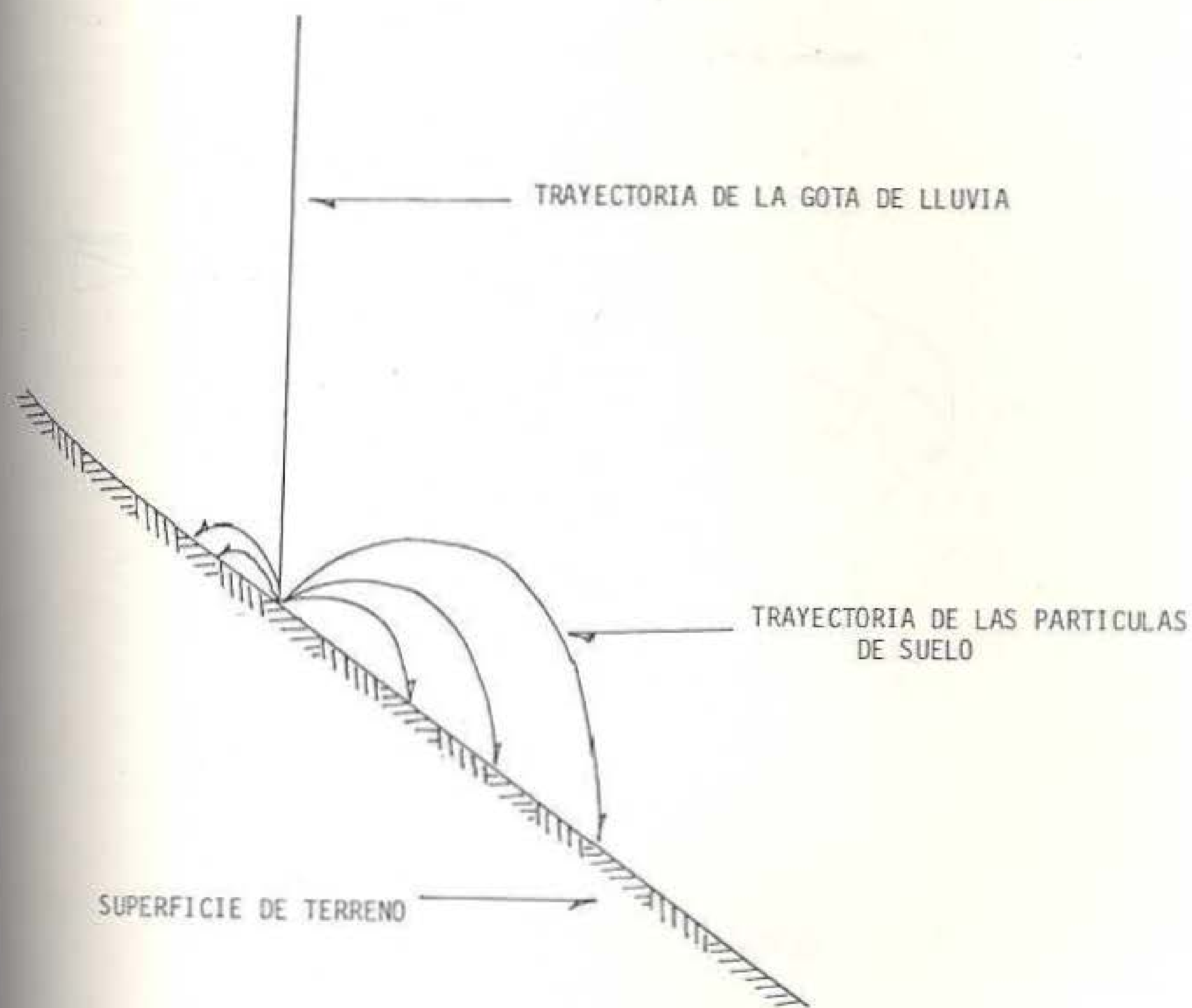
2. <u>Vertical simple</u>: Para corrientes con una sección transversal estable y una distribución lateral uniforme de sedimentos suspendidos, tomar una muestra vertical usualmente es suficiente. El lugar en la sección transversal para tomar la muestra es arbitrario. Generalmente la escogencia de cada nuevo sitio donde se va a efectuar el registro de sedimentación se determina luego de investigarse varias mediciones de descarga y sedimentación a lo ancho del cauce.

3. <u>Incremento de descarga equitativa (EDI)</u>: En este método las muestras se obtienen en los centroides de incrementos de igual descarga, está usualmente limitado a corrientes de canales estables donde los valores de descarga varían muy poco durante el año.

Si se obtiene o se posee conocimientos de la distribución de la corriente en la sección transversal antes que los puntos para las muestras verticales puedan ser tomados, entonces el método EDI puede ahorrar tiempo y trabajo sobre el método ETR, especialmente en corrientes muy anchas, debido a que no se van a tomar tantas muestras.

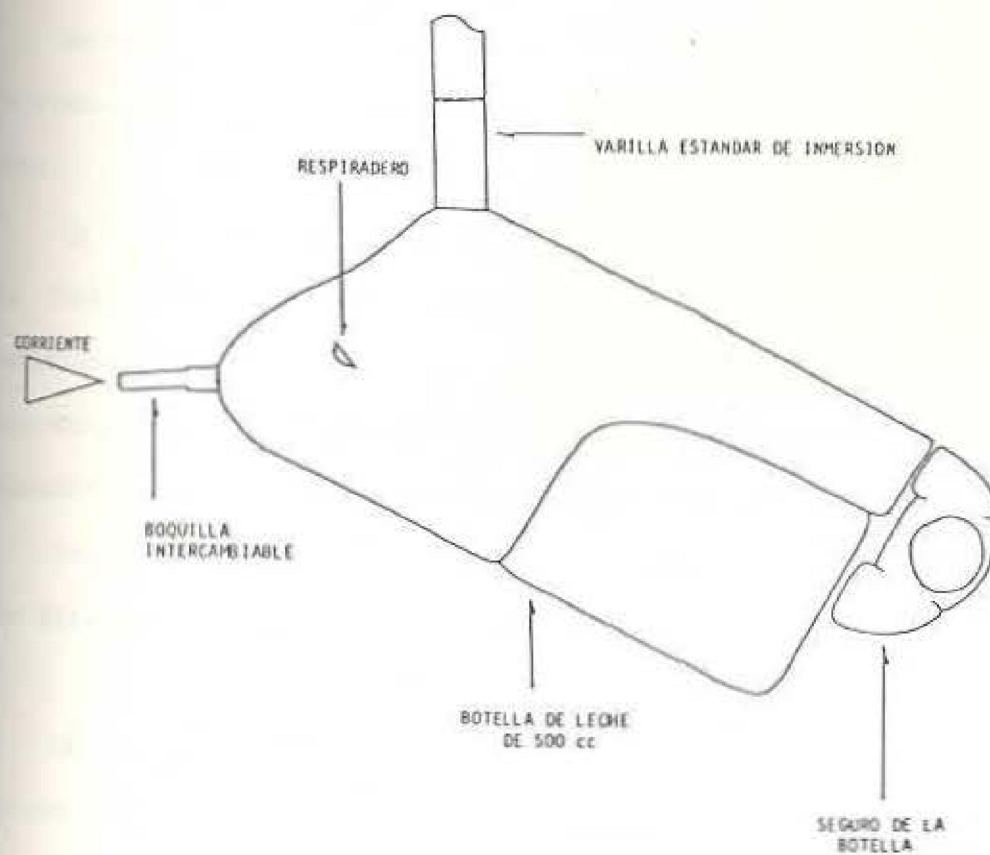
4. Rata de tránsito equitativo (ETR): Las muestras de sedimentos suspendidos en una sección transversal por medio del método ETR requiere que éstas se tomen a distancias transversales iguales, bajando y subiendo el instrumento de medición en el mismo intervalo de tiempo durante toda la sección. Para esto es necesario mantener la misma boquilla en el instrumento durante toda la prueba. La cantidad de verticales que se deben tomar, depende de la precisión que se desee.

En el caso de que se quieran tomar muestras en los lagos, sobre la profundidad de los sedimentos y su variación de altura con respecto al tiempo, es necesario trazar secciones transversales fijas y utilizar instrumentación de agrimensura.




TRANSPORTE DE LAS PARTICULAS DE SUELO POR IMPACTO DE LA LLUVIA

FIGURA N° 4.18




TOMAMUESTRAS DE SEDIMENTOS MODELO DH-48

FIGURA N° 4.19

# I. TEMPERATURA

Es el grado de mayor o menor calor en los cuerpos. Cuando dos objetos están en contacto, el calor fluirá del cuerpo más caliente al más frío.

La escala más conveniente es la Celsius ó Centígrados, la cual divide la temperatura en 100 grados, comenzando con 0° como punto de congelamiento del agua y 100° como punto de ebullición. Otra escala comunmente utilizada en los registro de información climática es la Fahrenheit, donde el punto de congelamiento se establece en 32°.

Para obtener la temperatura en grados Fahremheit a partir de grados Centígrados, se utiliza la siguiente ecuación de conversión:

$$°F = 32 + 9(°C)/5$$

La escala Kelvin o absoluta se utiliza para la mayoría de las consideraciones teóricas en meteorología y en física.

Las variaciones de temperatura en cualquier lugar de la superficie terrestre están determinadas por los siguientes factores:

1. La Intensidad y la duración diaria de energía solar radiante recibida en las afueras de la atmósfera sobre el sitio en cuestión.

2. La pérdida de esta energía por reflexión, dispersión y absorción.

3. El albedo de la superficie.

4. Las distintas características físicas de la superficie y sus áreas circundantes.

5. Balance de calor y radiación atmosférica terrestre.

6. Intercambio de calor que involucran la evaporación, condensación y fusión del agua.

7. Absorción de calor o frío por corrientes horizontales de aire y corrientes de los océanos.

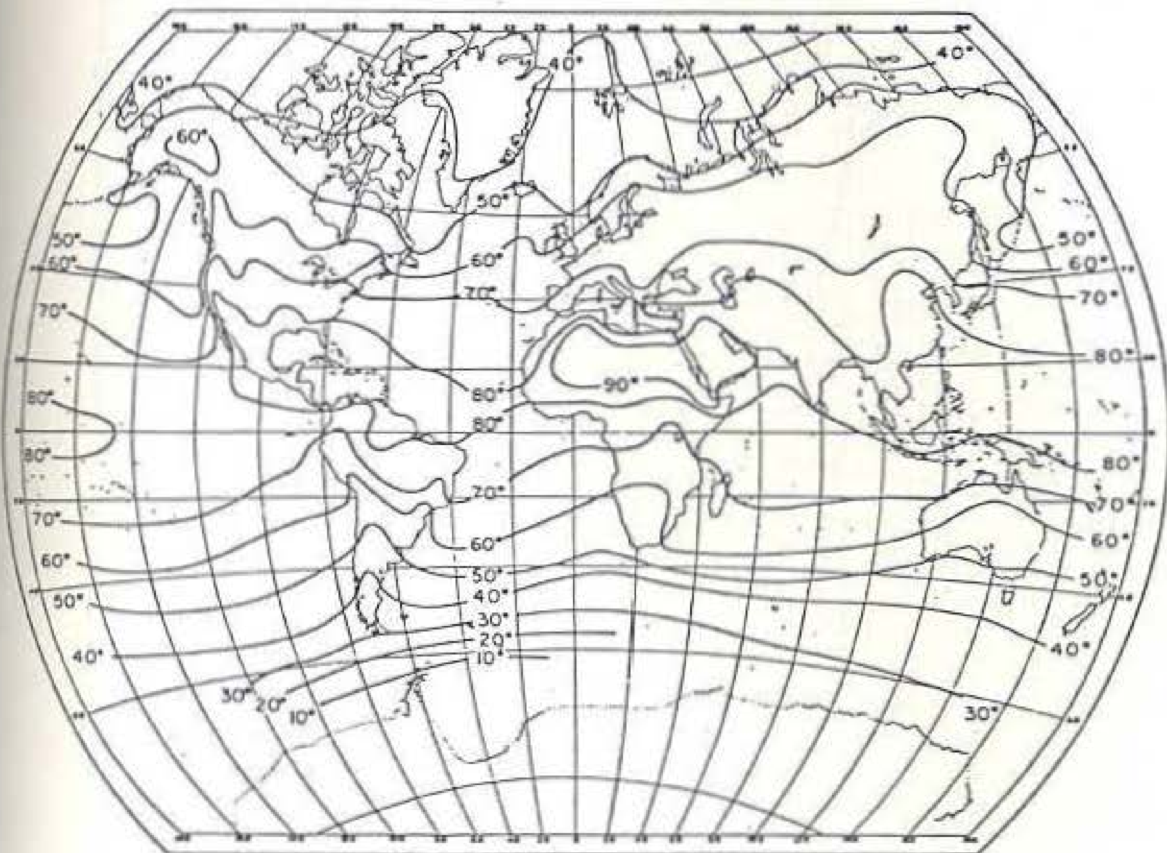
8. Transporte de calor hacia arriba y abajo por corrientes verticales, convección y turbulencia.

Numerosos ejemplos de los efectos pronunciados de temperatura de estos factores pueden ser citados. Por (1) tenemos diferencias latitudinales en la temperatura. Diferencias en la efectividad de (2) cuenta para que los desiertos en las latitudes medias sean más cálidos que los trópicos durante los respectivos meses calientes. El albedo (3) explica porque las temperaturas de las arenas brillantes secas sean menores que las de las arenas brillantes oscuras. Bajo (4) se encuentra el contraste de temperaturas entre los grandes océanos y las tierras. Diferencias en (5) cuenta para las noches relativamente calientes en las regiones húmedas y noches relativamente frías en los climas secos. Evaporación mencionada bajo (6) frecuentemente cuenta para explicar el fresco durante las lluvias. La variación de la temperatura en un clima (7), explica la diferencia pronunciada en temperaturas entre el invierno y el verano, principalmente en las costas del este y oeste en las altas latitudes.

El transporte hacia arriba del calor por corrientes convectivas mencionadas en (8) previene a la temperatura alcanzar altos valores en la superficie, mientras que el transporte hacia abajo incrementa las temperaturas frías en localidades en las montañas a la merced del viento.

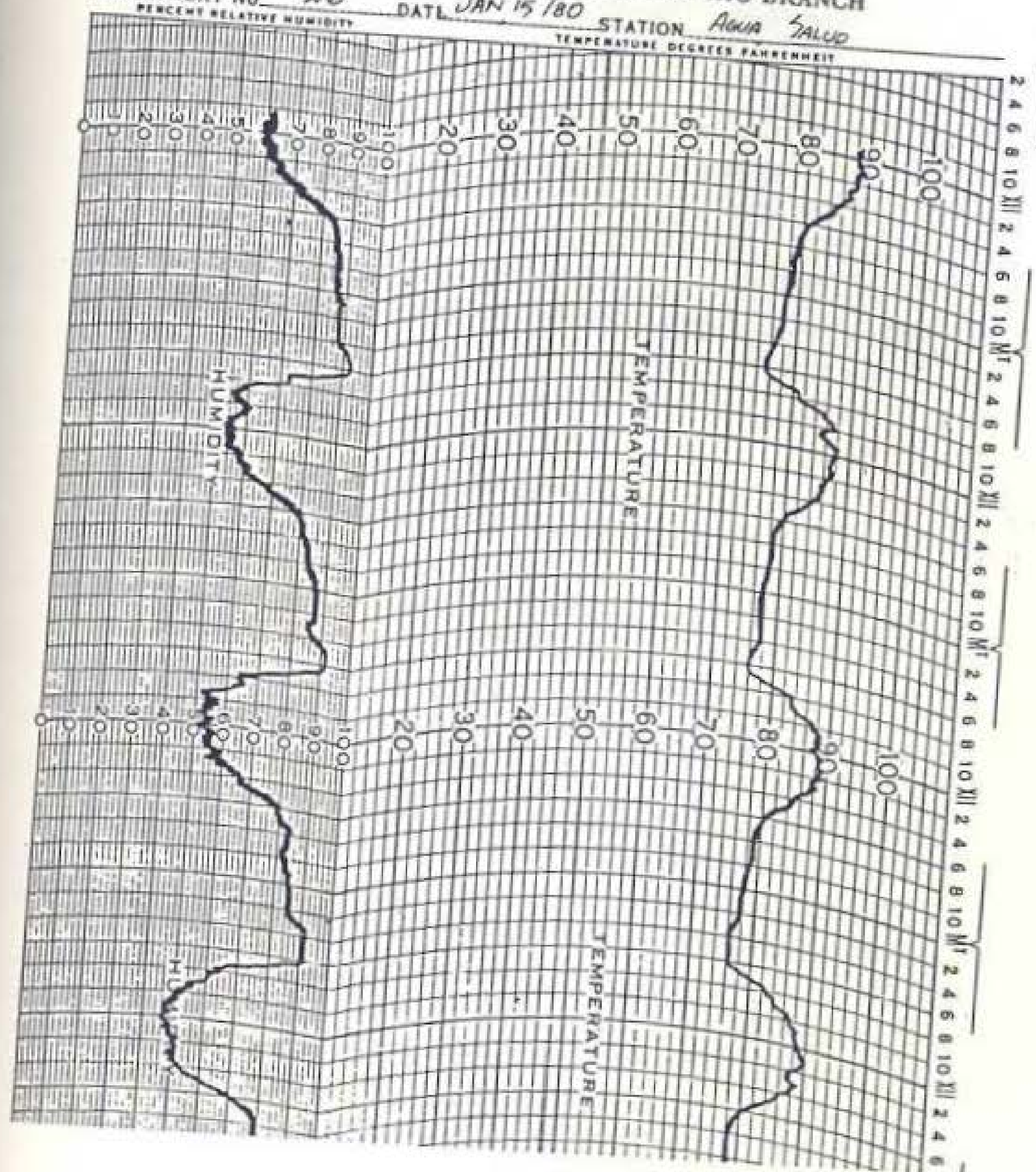
Uno de los cambios de mayor importancia que se producen en la temperatura es debido a la altitud cuya gradiente alcanza hasta 3.6°F por cada 1000 pies o 6°C por cada kilómetro de altitud. Por otro lado, la temperatura tenderá a disminuir a medida que se incremente la latitud (figura No.4.20), aunque esta tendencia se ve distorsionada por la influencia de las masas de agua y tierra, la topografía y la vegetación.

Con respecto a la instrumentación con que cuenta la cuenca experimental del Río Agua Salud para medir parámetros de temperatura, ésta cuenta con higrotermógrafos (figura No.4.11) que miden simultáneamente la temperatura y la humedad relativa en forma continua durante períodos hasta de 8 días sobre la misma carta higrotermográfica (figura No.4.21). El elemento sensible del termógrafo es una tira bimetálica curveada que consiste en dos placas de metal con diferentes coeficientes de expansión. Cuando se producen variaciones en la temperatura, las placas se expanden o contraen, según aumente o disminuya la temperatura, induciendo a cambios en la longitud de la tira que se transmiten a través de un sistema de enlaces para hacer funcionar una pluma registradora. Estos instrumentos son colocados en cubiertas protectoras de instrumentos, de color banco, de madera y con rejillas de ventilación (figura No.4.22) lo cual permite al aire moverse libremente.




DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA EN EL GLOBO TERRESTRE

FIGURA N° 4.20




REGISTRO GRAFICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

FIGURA N° 4.21





PROTECTOR DE INSTRUMENTOS

FIGURA N° 4.22

# I. VIENTOS

Vientos se refieren al aire en movimiento. Generalmente se registra velocidad y dirección. La dirección siempre se refiere al punto en el compás donde el viento se está midiendo. Algunos investigadores han considerado que el viento es un factor secundario cuyo efecto se refleja en la variación de la temperatura, humedad o diferencias en la presión de vapor.

El movimiento del aire puede ser turbulento o laminar. El movimiento turbulento remueve el vapor de agua del contacto con la superficie de agua en las grandes áreas e incrementa la evaporación. El movimiento laminar sin embargo, no afecta la evaporación en grandes áreas de agua si los estratos bajos de aire poseen uniforme temperatura y contenido de vapor.

Si comparamos el viento con otros aspectos climáticos como lo son la radiación solar, temperatura y precipitación, veremos que los vientos poseen una importancia menor como elemento del clima. Aunque la velocidad del viento afecte la vida de las plantas además de la comodidad de los seres vivientes y en algunos casos su seguridad, es predominantemente un control del clima en vez de un elemento, y porque influye directa o indirectamente en la temperatura y la precipitación, el viento garantiza su consideración en la geografía física.

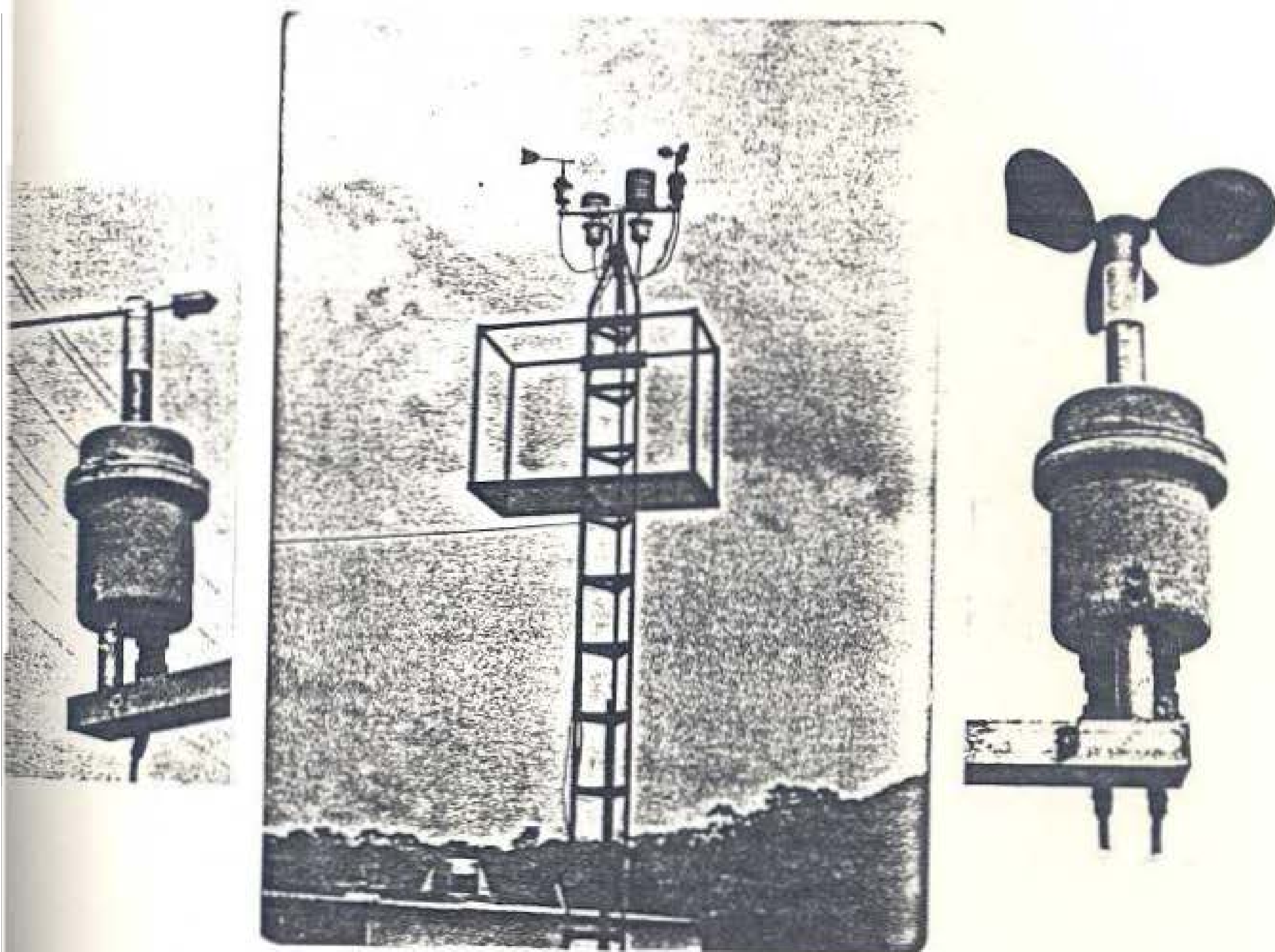
El fenómeno del viento, así como su dirección y velocidad deben su existencia a diferentes fuerzas y entre las cuales podemos mencionar:

1. La fuerza del gradiente de presión, la cual establece el aire en movimiento y causa el incremento de velocidad debajo del gradiente.

2. La fuerza de deflexión de la tierra, la cual afecta únicamente la dirección del viento.

3. La fuerza de fricción, que interviene en el movimiento del aire a bajas altitudes sobre las superficies de tierras y aguas, afectando la velocidad y dirección del viento.

En nuestra cuenca experimental se mide el pasaje del viento usando un anemómetro sencillo, similar al que se utiliza en una gran cantidad de servicios meterológicos desde hace años, consistente en tres tazas hemisféricas cuidadosamente balanceadas de 5 pulgadas (12.7 cm) de diámetro acompañados de una veleta, ambos están montados sobre engranajes que reducen la fricción al mínimo y los cuales se encuentran encerrados en una caja para su protección. Las lecturas de velocidad y dirección del viento son registradas cada hora. Los instrumentos están colocados aproxidamente a 4 metros sobre la superficie del suelo, lo cual les permite hacer mediciones sin la interferencia de cualquier factor superficial. La figura No.4.23 nos muestra los diferentes aparatos utilizados para la medición y la estación típica utilizada.



SISTEMA PARA LA MEDICION DE LA DIRECCION Y VELOCIDAD

DEL VIENTO

FIGURA N° 4.23

# CAPITULO V

## A. DESCARGA

La cuenca del Río Agua Salud se destaca por poseer ríos de corriente continua durante todo el año. En el período de 1980-1982 que duró este estudio, el comportamiento del Río Agua Salud durante los 12 meses del año comienza desde un mínimo de descarga de agua en marzo, hasta un máximo de descarga en el mes de noviembre.

Las descargas máximas se presentan durante los meses de la estación lluviosa, destacándose septiembre, octubre, noviembre y diciembre (gráfica No.5.1). Una excepción se notó durante noviembre y diciembre de 1981. Las descargas mínimas ocurren en los meses de febrero, marzo y abril principalmente (gráfica No.5.2), excepción fue abril de 1981.

El comportamiento promedio para cada uno de estos tres años (gráfica No.5.3) nos muestra una gran diferencia entre 1980 y 1982 en comparación con 1981. Cabe señalar que dos aspectos son de importancia durante esta comparación: el cambio brusco de estación seca a estación sumamente lluviosa durante abril de 1981 que trajo consigo crecidas muy fuertes en los ríos y la escasez de agua que comenzó a principios de noviembre de 1982, la cual se tradujo en descargas mínimas durante estos meses lluviosos al final del año (flujo en los ríos a base de aguas subterráneas). La gráfica No.5.4 presenta el flujo de agua medido en pulgadas; éste es de mucha importancia cuando se hacen comparaciones de precipitación vs escorrentía.

Los aspectos más importantes en un estudio de flujos, es decir, máximos y mínimos mensuales, promedios diarios, producción anual, etc, aparecen en las tablas que se presentan seguidamente. Estas tablas son de gran importancia y utilidad en los estudios de represas, hidroeléctricas, diseño de construcciones, etc, ya que ayudan a establecer los índices de seguridad, cantidad de flujo constante, producción anual de agua y otros, versus vida útil y eficiencia o fracaso de los proyectos a realizar.

TABLA N°5.1

DESCARGAS MAXIMAS Y MINIMAS MENSUALES

en pies cúbicos por segundo

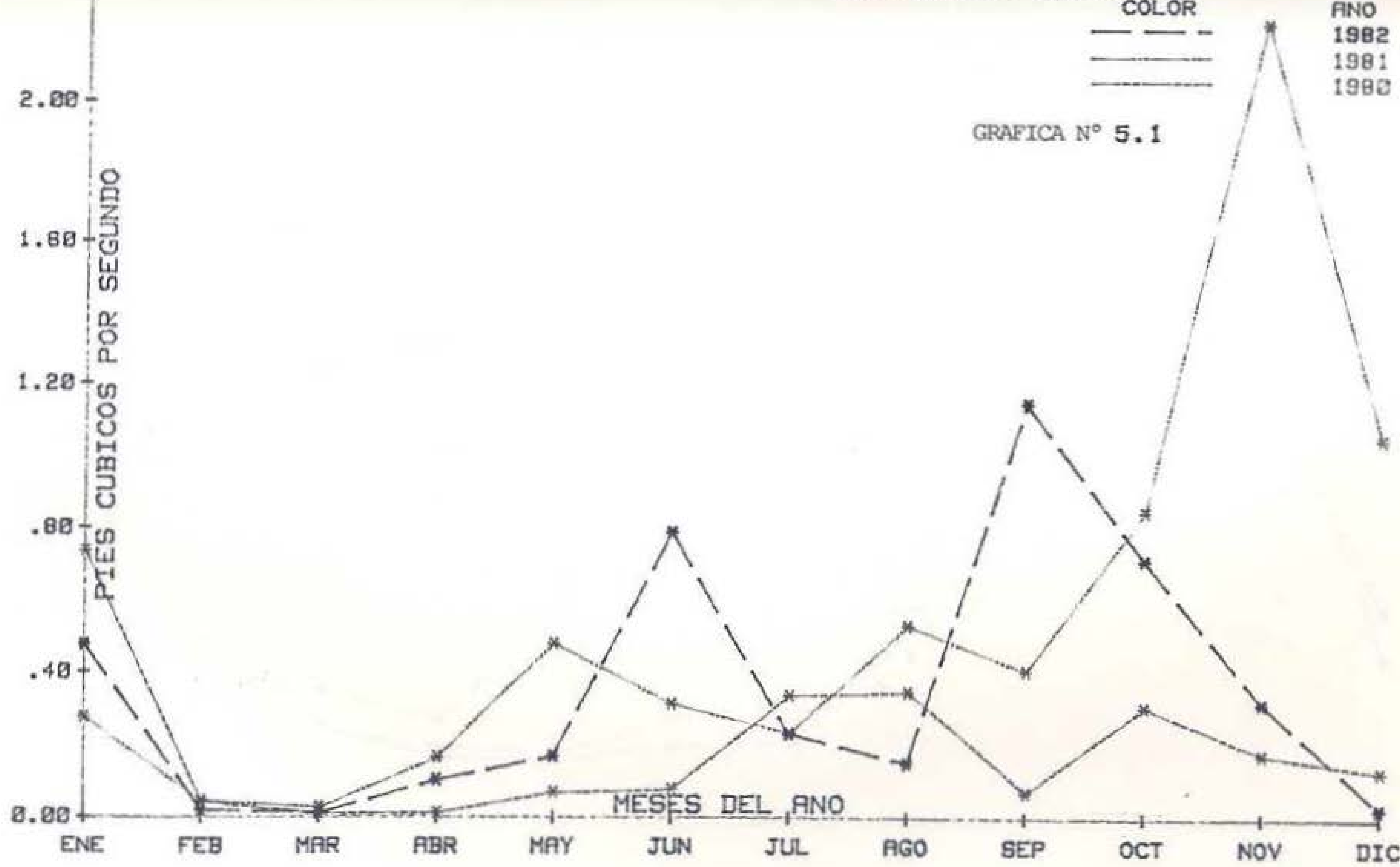
| | 1980 | | 1981 | | 1982 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MES | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN |
| enero | 735.0 | 14.7 | 275.1 | 13.0 | 475.8 | 17.2 |
| febrero | 39.6 | 8.6 | 45.3 | 10.0 | 17.8 | 10.2 |
| marzo | 8.6 | 4.4 | 27.0 | 6.1 | 10.7 | 4.4 |
| abril | 10.9 | 3.0 | 163.5 | 4.8 | 100.2 | 3.5 |
| mayo | 67.2 | 2.9 | 488.1 | 9.7 | 167.3 | 3.3 |
| junio | 78.1 | 3.6 | 319.1 | 35.9 | 800.8 | 4.8 |
| julio | 342.6 | 3.8 | 236.6 | 28.3 | 233.5 | 6.1 |
| agosto | 350.6 | 9.1 | 542.0 | 7.8 | 148.6 | 10.2 |
| septiembre | 68.7 | 15.6 | 412.5 | 16.6 | 1160.0 | 10.9 |
| octubre | 305.9 | 13.6 | 863.1 | 15.9 | 725.4 | 22.5 |
| noviembre | 175.2 | 20.7 | 2240.7 | 222.2 | 317.2 | 20.3 |
| diciembre | 130.1 | 18.9 | 1068.3 | 7.8 | 28.8 | 10.0 |

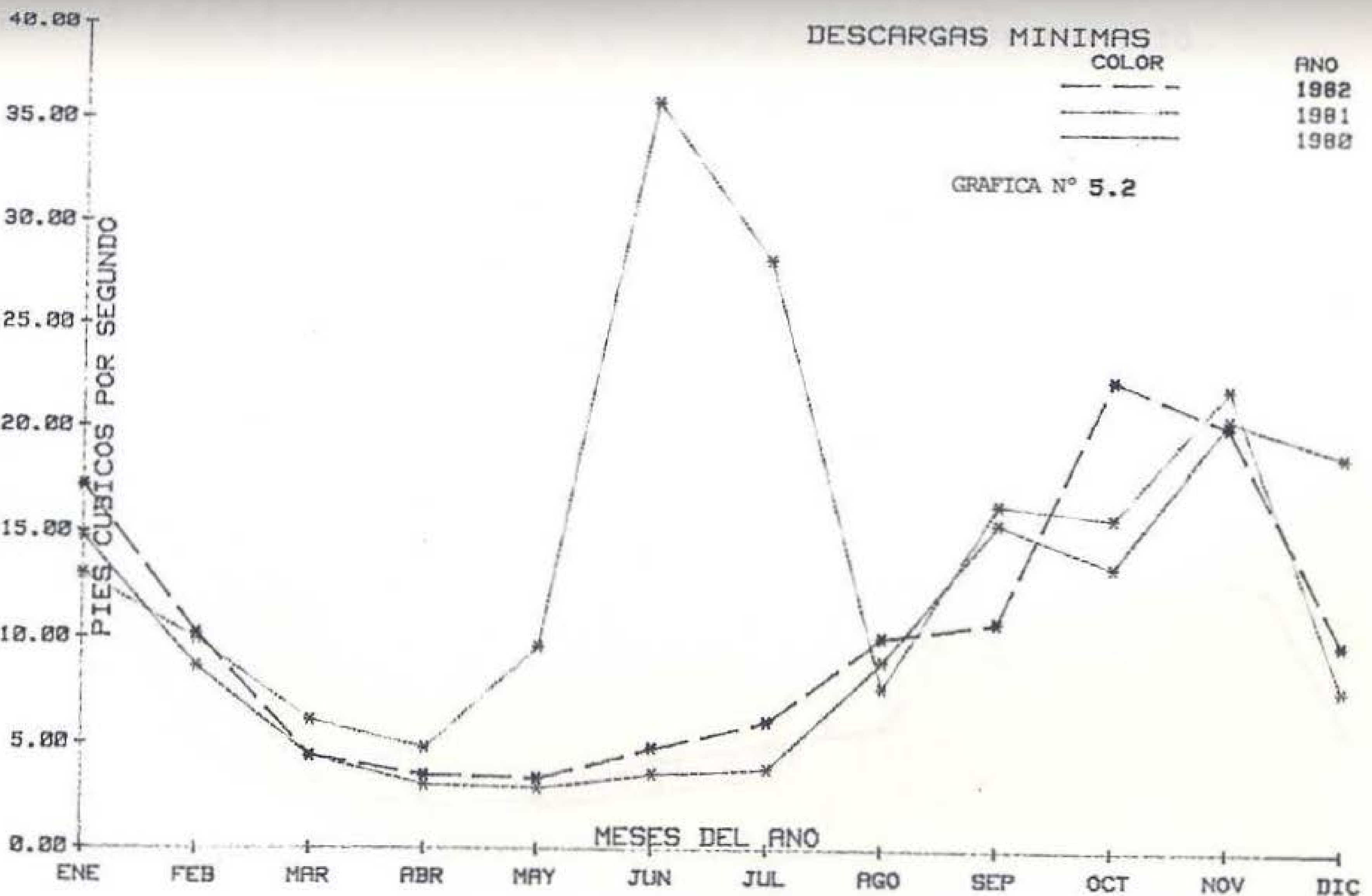
TABLA N°5.2

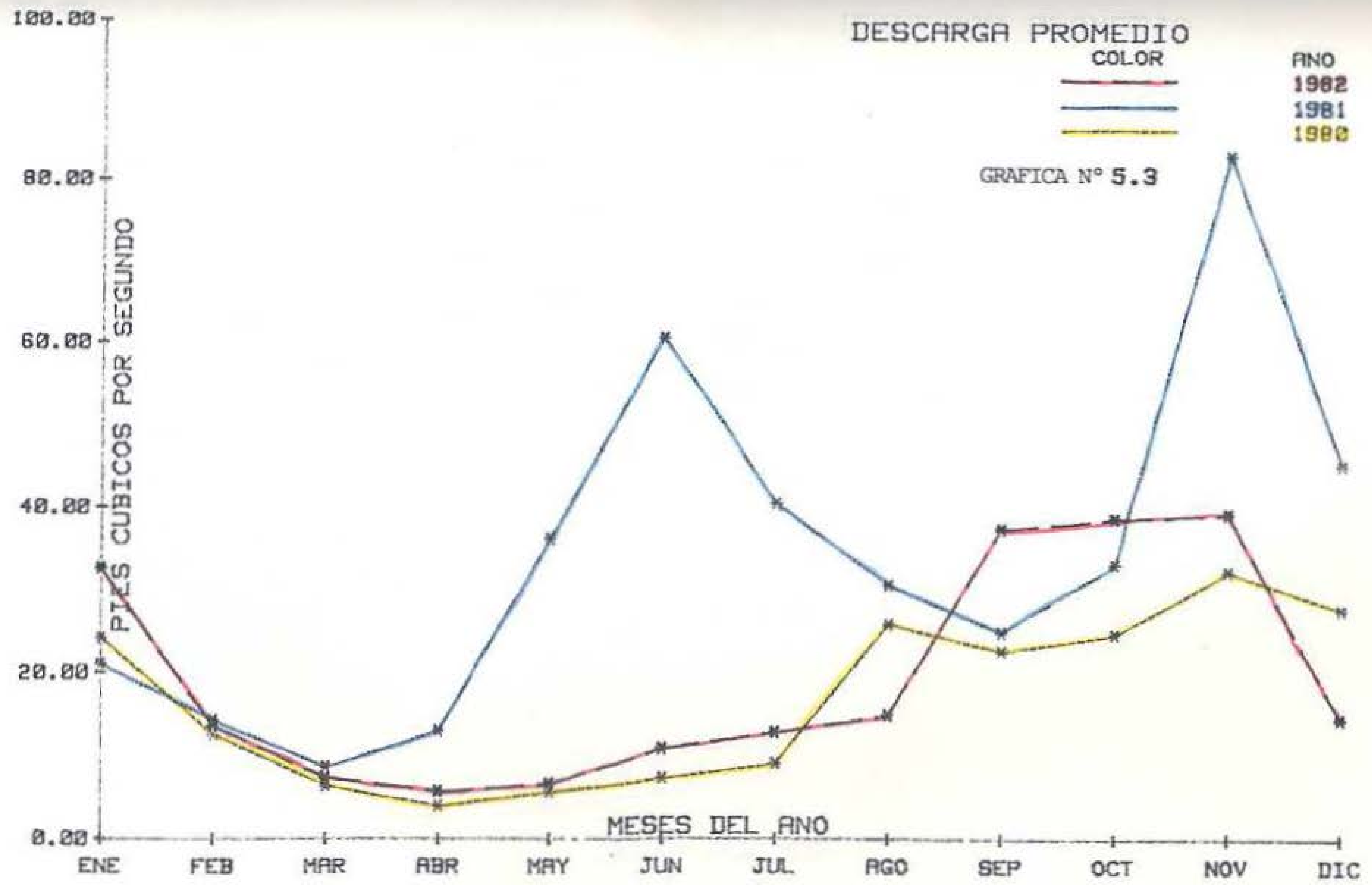
DESCARGAS PROMEDIOS DIARIAS

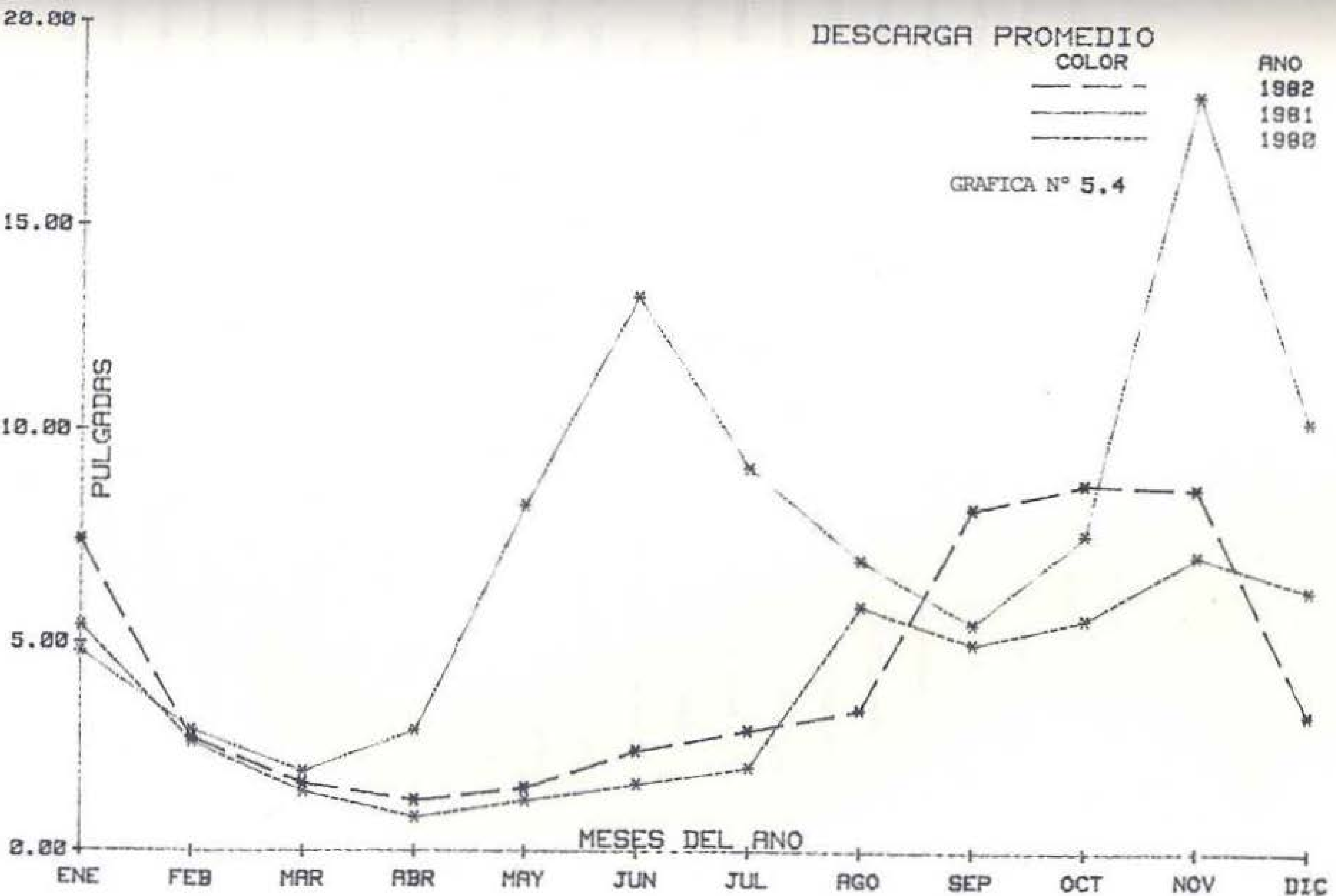
en pies cúbicos por segundo

| | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|
| enero | 24.1 | 21.1 | 32.6 |
| febrero | 12.3 | 14.2 | 13.4 |
| marzo | 6.2 | 8.6 | 7.2 |
| abril | 3.8 | 13.0 | 5.6 |
| mayo | 5.5 | 36.6 | 6.6 |
| junio | 7.2 | 60.8 | 10.8 |
| julio | 9.0 | 40.9 | 12.8 |
| agosto | 26.1 | 31.0 | 14.9 |
| septiembre | 22.7 | 25.2 | 37.7 |
| octubre | 24.8 | 33.5 | 39.0 |
| noviembre | 32.5 | 83.3 | 39.6 |
| diciembre | 27.9 | 45.6 | 14.5 |
| TOTAL | 202.1 | 413.8 | 234.7 |
| PROMEDIO DIARIO | 16.8 | 34.5 | 19.6 |
| DESCARGA ANUAL | 6147.0 | 12585.0 | 7139.0 |


DESCARGAS MAXIMAS
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.1
2.40 x10^ 3
2.00
1.60
1.20
.80
.40
0.00
PIES CUBICOS POR SEGUNDO
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


DESCARGAS MINIMAS
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.2
PIES CUBICOS POR SEGUNDO
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


DESCARGA PROMEDIO
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.3
PIES CUBICOS POR SEGUNDO
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


DESCARGA PROMEDIO
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.4
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
PULGADAS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

## B. EVAPOTRANSPIRACION

La evaporación desde 1980 hasta 1982 para la cuenca experimental del Río Agua Salud se encuentra graficada en la gráfica No.5.5. La gráfica No.5.6 nos muestra el promedio de los tres años. Los valores correspondientes para cada mes aparecen en la tabla No.5.3. La evaporación, como muestran las gráficas, tiene una demarcación notable entre la estación seca y lluviosa, alcanzando los valores máximos en los meses de febrero, marzo y abril, meses en que la estación seca se encuentra más marcada (promedio anual en marzo: 6.33 pulgadas). Los meses lluviosos de octubre, noviembre y diciembre, presentan los menores índices de evaporación (promedio anual en octubre: 2.95 pulgadas).

El promedio máximo de evaporación por mes se dio en marzo de 1982 con un promedio diario de .242 pulgadas, lo que equivale a 7.50 pulgadas de evaporación durante ese mes. El mínimo promedio se dio en octubre de 1982 con valor promedio diario de .086 pulgadas, lo que equivale a 2.68 pulgadas de evaporación para ese mes.

La evaporación como se demostrará igualmente en las secciones siguientes, se debe principalmente a la variación de los siguientes parámetros: precipitación, radiación solar, vientos, humedad relativa, temperatura y humedad del suelo. Durante la estación seca la precipitación, humedad relativa y la humedad del suelo poseen valores mínimos, mientras que los vientos, la temperatura y la radiación solar poseen valores máximos, esto contribuye a una alta evaporación. Todo lo contrario ocurre en la estación lluviosa.

El año de 1982 obtuvo el máximo de evaporación con un total de 54.09 pulgadas, dando un promedio diario de .146 pulgadas, 1981 obtuvo un promedio diario de .126 pulgadas (46.14 total de pulgadas anuales) siendo el valor más bajo y el año más lluvioso, 1980 presentó un promedio similar a 1982 con .146 pulgadas (total de 53.25 pulgadas anuales). Hay que notar la similitud de los valores entre 1980 y 1982 (diferencia de .002 pulgadas en el promedio diario), que se refleja también en la precipitación (diferencia de .23 pulgadas en el promedio mensual) y en otros parámetros meteorológicos que, como veremos más adelante, tienden a aumentar o disminuir la evaporación. Hay que recordar que cuando deseamos traspasar los valores de evaporación obtenidos por medio de un evaporímetro a una región deseada, los valores deben ser multiplicados por el factor del evaporímetro (ver capítulo II).

Si aplicamos el coeficiente del evaporímetro nuestros valores de evaporación para la cuenca experimental del Río Agua Salud serán los siguientes:

| AÑO | EVAPORACION |
|---|---|
| 1980 | 37.28 pulgadas |
| 1981 | 32.30 pulgadas |
| 1982 | 37.86 pulgadas |

Con respecto a la evapotranspiración real, ésta puede estimarse por medio del método de balance hídrico y que es aplicable preferiblemente en períodos anuales donde se incluya ambas estaciones (seca y lluviosa).

En el cálculo de la EVPTr, al calcular valores anuales tanto la infiltración como el cambio de almacenaje, no poseen tanta importancia dentro del balance de cuencas pequeñas, principalmente si éstas son de alta pendiente y topografía escarpada como ocurre en nuestro caso (ver capítulo III). Una excepción a este planteamiento se da en aquellos años que poseen períodos extremadamente lluviosos o secos.

Los valores de descarga y precipitación se puede ver claramente en otras secciones de este capítulo. Sustituyendo estos valores en la ecuación anterior obtenemos los siguientes resultados: el año de mayor evapotranspiración fue 1981, su escorrentía anual fue de 91.9 pulgadas y su precipitación promedio anual en la cuenca de 144.22 pulgadas lo que nos da una evapotranspiración de 52.32 pulgadas, le sigue 1980 con una escorrentía de 44.9 pulgadas y una precipitación promedio anual de 85.01 pulgadas para un total de EVPTr de 40.11 pulgadas.

Finalmente tenemos el año más seco (1982) con una escorrentía de 52.1 pulgadas y una precipitación promedio anual de 82.18 pulgadas para un total de EVPTr de 30.08 pulgadas. El promedio anual para este período de tres años es como sigue; escorrentía 62.95 pulgadas, precipitación 103.81 pulgadas, evapotranspiración 40.86 pulgadas (gráfica No.5.7).

Si realizamos un estudio detallado de los valores anteriores, lograremos notar que en el año 1981 la evapotranspiración posee un valor menor que la evaporación; esta anomalía se presenta debido al exceso de precipitación durante este año e influye en la ecuación de balance hídrico en forma de cambio de almacenaje dentro del sistema estudiado.

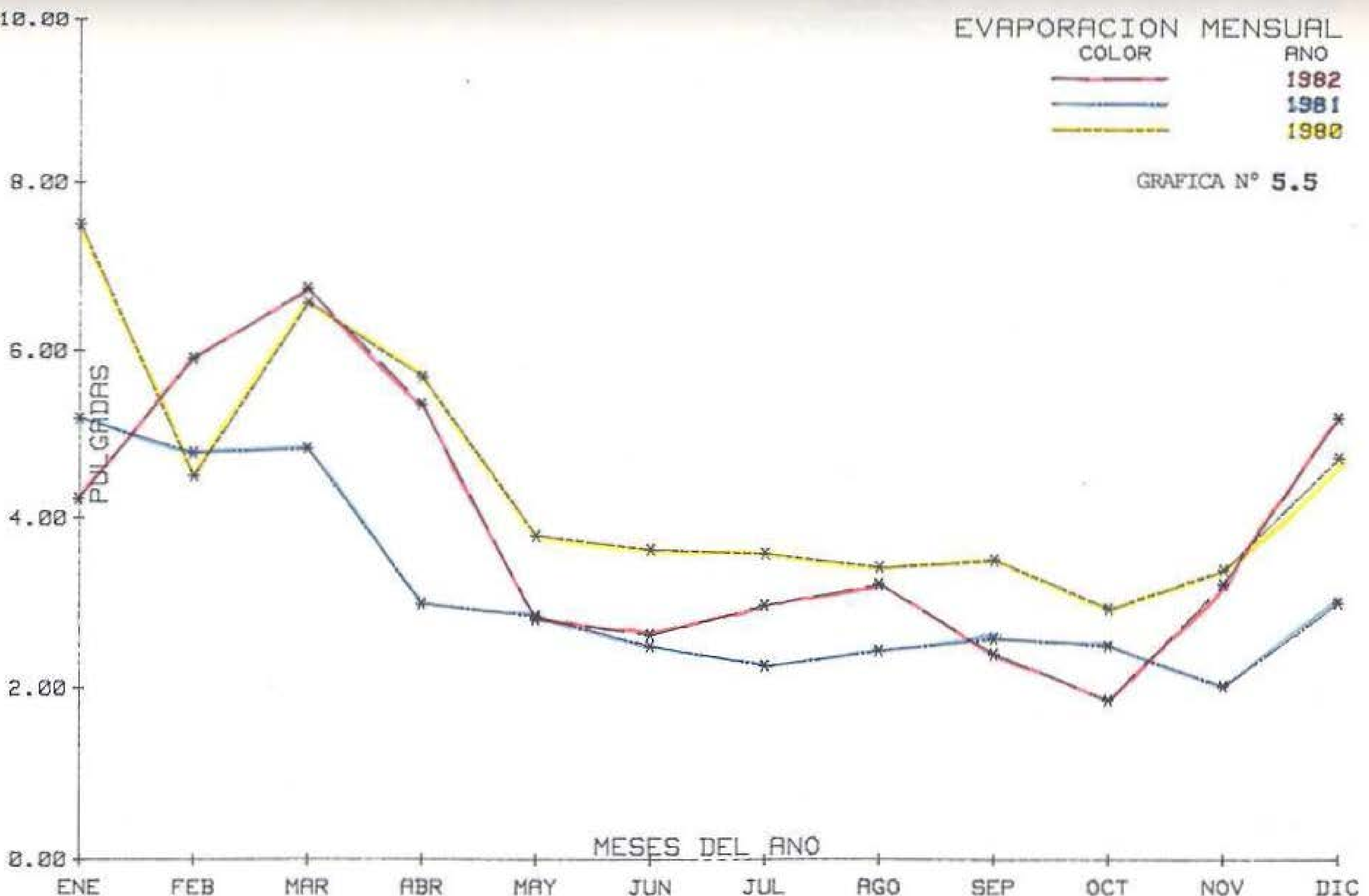
En nuestro estudio de éstos tres años deducimos los siguientes valores:

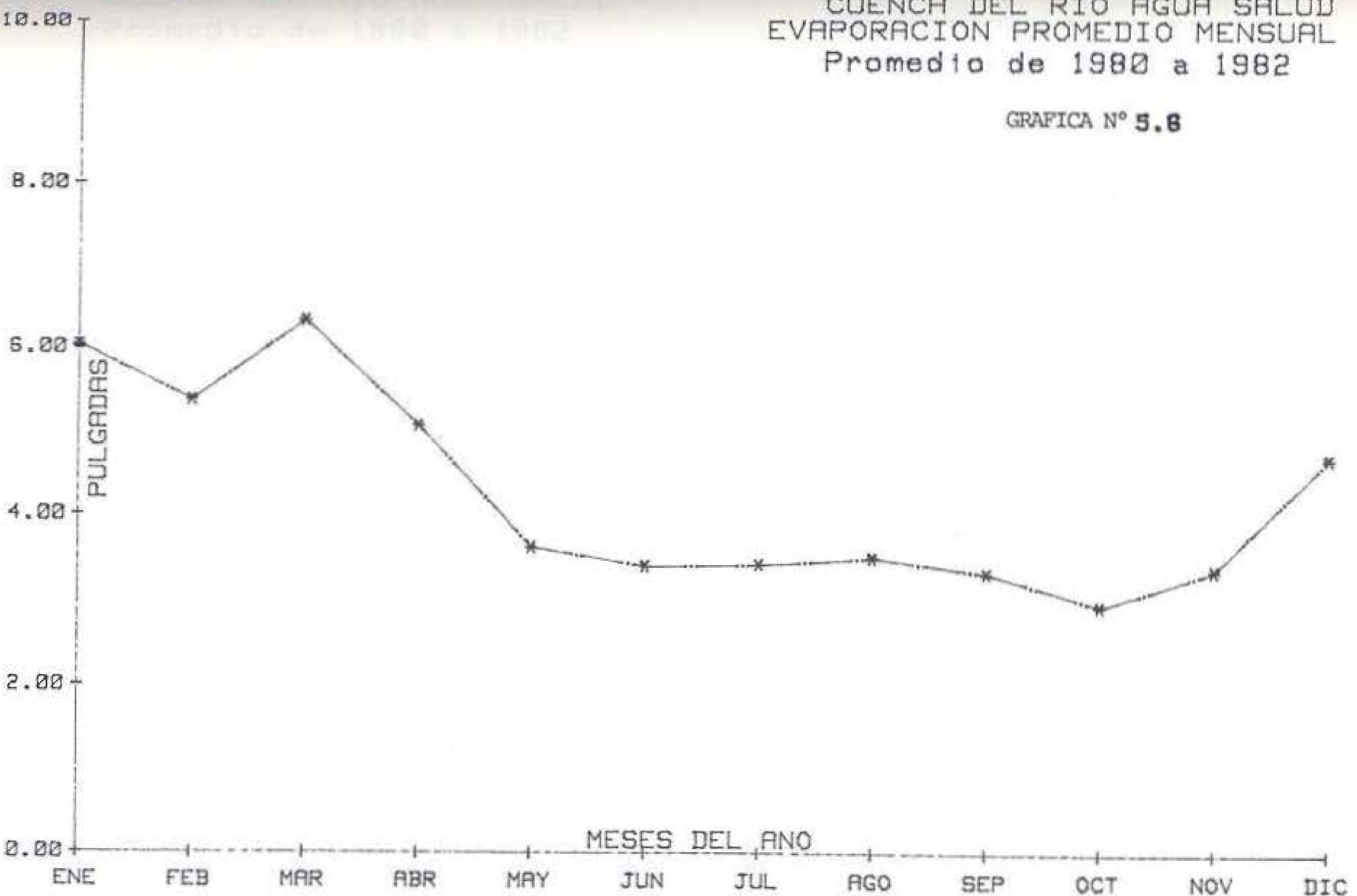
Evaporación promedio; 35.81"

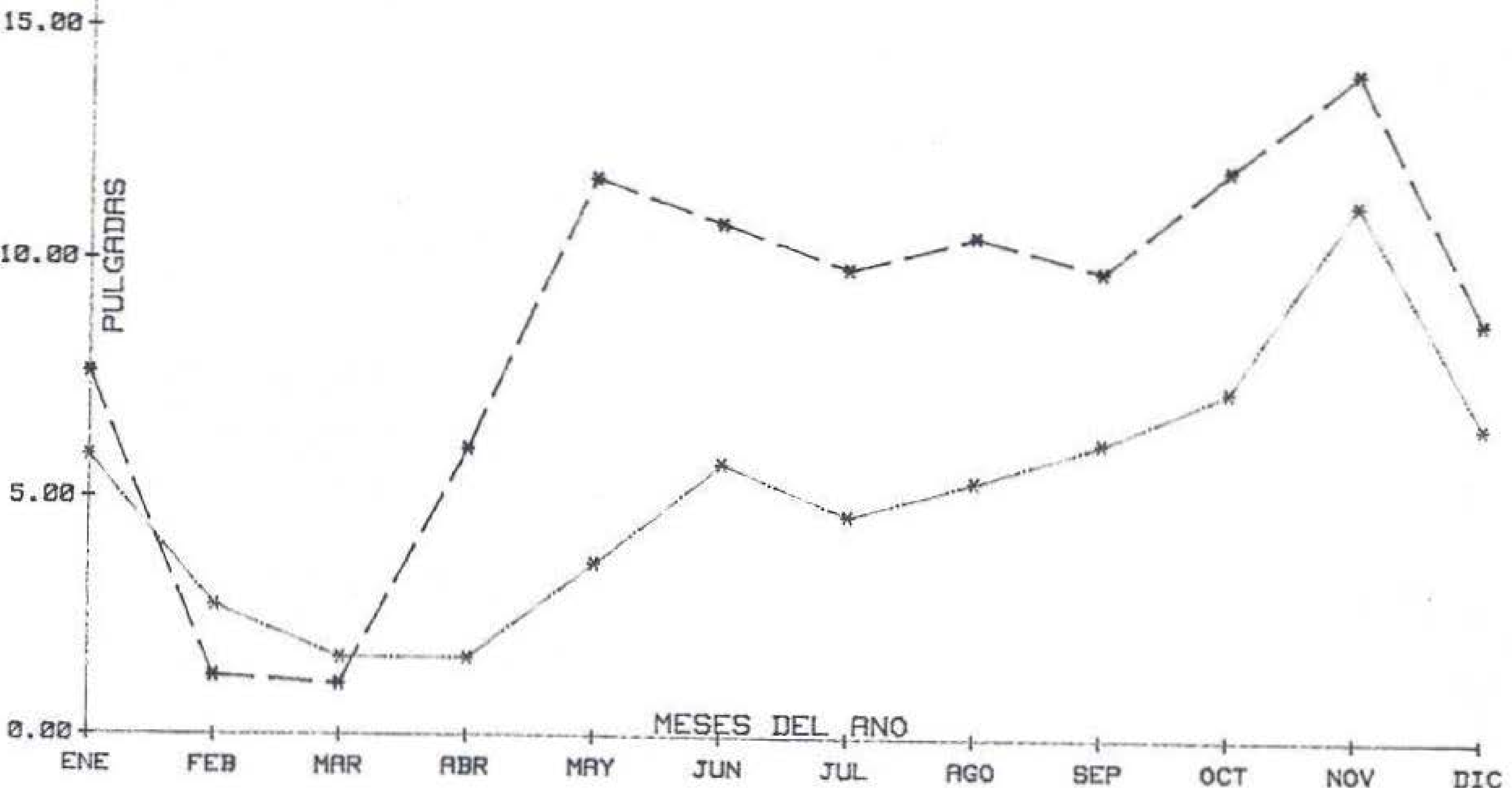
Evapotranspiración promedio; 40.86"

Transpiración promedio; 5.05"

Concluimos por lo tanto que para la cuenca del Río Agua Salud, de cada 100 unidades de precipitación inducida en el sistema; 60.64% escurre por los ríos, 34.5% se evapora y un 4.7% se transpira en el sistema.


EVAPORACION MENSUAL
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.5
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
PULGADAS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


CUENCA DEL RIO AGUA SALUD
EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL
Promedio de 1980 a 1982
GRAFICA N° 5.8
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
PULGADAS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


CUENCA DEL RIO AGUA SALUD
Promedio de 1980 a 1982
PRECIPITACION VS DESCARGA
PRECIPITACION
DESCARGA
GRAFICA N° 5.7
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
PULGADAS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

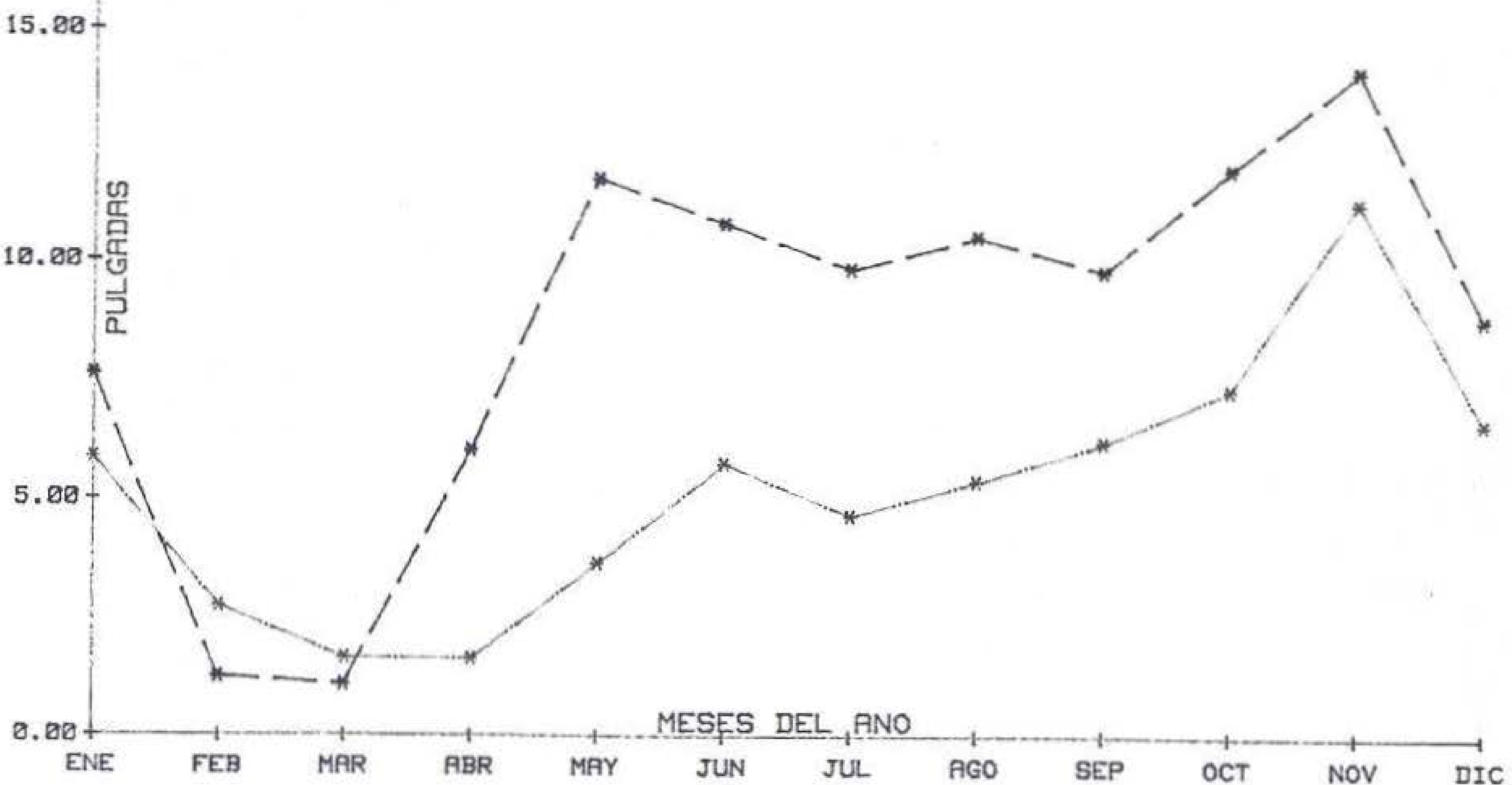

CUENCA DEL RIO AGUA SALUD
Promedio de 1980 a 1982
PRECIPITACION VS DESCARGA
PRECIPITACION
DESCARGA
GRAFICA N° 5.7
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
PULGADAS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

TABLA N° 5.3

# EVAPORACION MENSUAL

(PULGADAS)

| MES | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|
| ENERO | 7.501 | 5.667 | 4.916 |
| FEBRERO | 4.501 | 5.299 | 6.322 |
| MARZO | 6.568 | 5.351 | 7.071 |
| ABRIL | 5.690 | 3.692 | 5.832 |
| MAYO | 3.792 | 3.562 | 3.538 |
| JUNIO | 3.628 | 3.244 | 3.376 |
| JULIO | 3.586 | 3.042 | 3.691 |
| AGOSTO | 3.430 | 3.198 | 3.911 |
| SEPTIEMBRE | 3.505 | 3.320 | 3.163 |
| OCTUBRE | 2.930 | 3.238 | 2.675 |
| NOVIEMBRE | 3.390 | 2.818 | 3.904 |
| DICIEMBRE | 4.728 | 3.704 | 5.688 |

## C. HUMEDAD DEL SUELO

Para obtener una base para la deducción de la humedad del suelo dentro de la cuenca del Río Agua Salud se tomaron un total de 23 muestras, además, una muestra por estación pluviométrica y limnigráfica. Las muestras tomadas en toda la cuenca se distribuyeron dentro de las regiones forestadas y deforestadas, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla No.5.4. Se puede deducir de estos datos que la variación de la humedad con respecto a la profundidad señala un aumento en la humedad desde un 27% hasta un 58% entre la superficie y una profundidad de 96 pulgadas.

Los suelos deforestados muestran una deficiencia de humedad con respecto a los suelos forestados en los estratos superficiales del suelo (horizonte A), principalmente desde la superficie hasta profundidades de 20 pulgadas. A profundidades mayores, ambos suelos presentan un contenido variable de humedad de difícil diferenciación a primera vista.

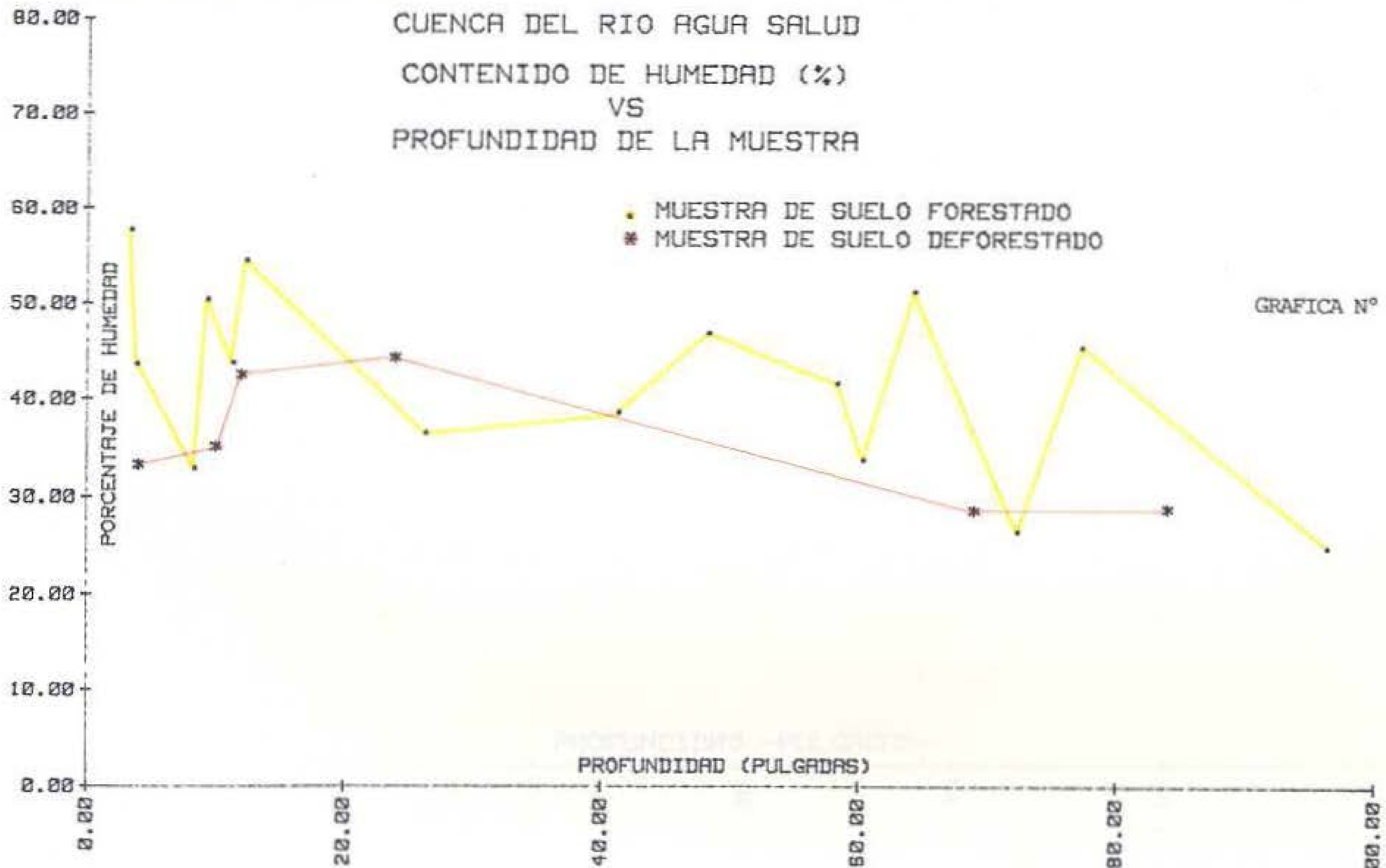
Una explicación sobre el comportamiento de los suelos deforestados en los cuales predomina el pastoreo y siembras ligeras de productos agrícolas nos muestra que éstos poseen una baja humedad en la superficie la cual aumenta hasta una profundidad de 24 pulgadas; en este lapso su humedad varía desde un 33.3% hasta un 44.5%, luego desciende moderadamente hasta obtener una humedad de 29.2% a una profundidad de 84 pulgadas.

Los suelos forestados por otro lado, poseen un comportamiento variado con respecto a su humedad en profundidades menores de 12 pulgadas, su humedad promedio en esta capa oscila alrededor del 47.35%. Como se ve en la gráfica No.5.8, la humedad luego de esta primera capa (superficie a 12") aumenta y disminuye irregularmente, la humedad desde una profundidad de 12 pulgadas hasta las 96 pulgadas varía desde un máximo de 51.7% hasta un mínimo de 25.3%, obteniendo un promedio de 37.9%.

Con respecto a los materiales principales de la cuenca y su porcentaje de humedad, las muestras obtenidas señalan que los suelos orgánicos (arcillas) presentan una mayor humedad que los suelos inorgánicos (58% vs 44.5%).

Las muestras de las estaciones pluviométricas (tabla No.5.5) fueron tomadas a partir de una profundidad promedio de 9 pulgadas para evitar principalmente el efecto que representa sobre los suelos superficiales los rayos solares. Estas estaciones por lo general se encuentran en las colinas y con la foresta recortada alrededor para evitar obstrucciones en los registros de precipitación.

La gráfica No.5.9 contiene los porcentajes de humedad y la profundidad de todas las muestras obtenidas den las diferentes estaciones de nuestra cuenca experimental.


CUENCA DEL RIO AGUA SALUD
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
VS
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA
MUESTRA DE SUELO FORESTADO
MUESTRA DE SUELO DEFORESTADO
GRAFICA N° 5.8
PORCENTAJE DE HUMEDAD
PROFUNDIDAD (PULGADAS)
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
50.00
60.00
70.00
80.00
0.00
20.00
40.00
60.00
80.00

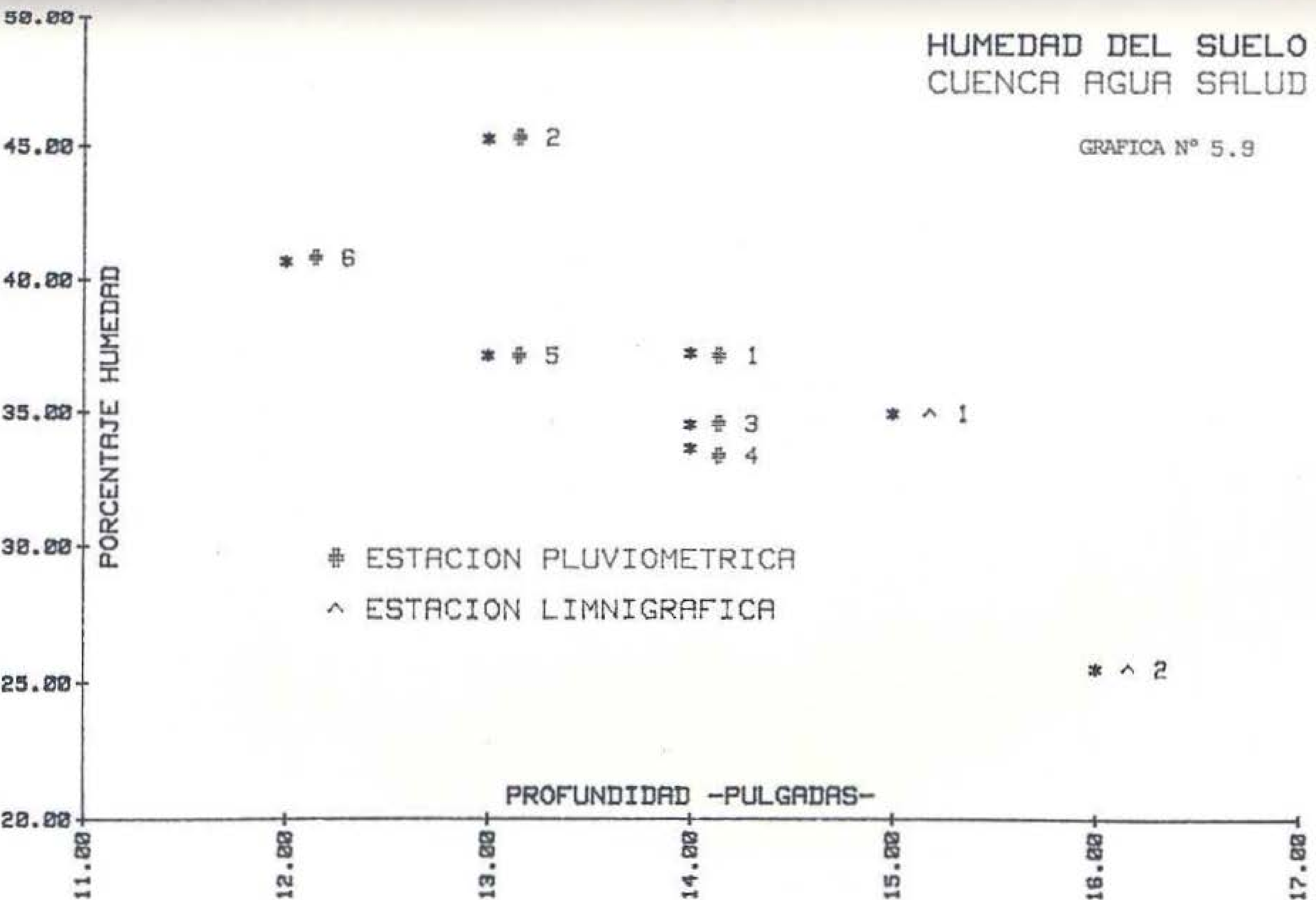

HUMEDAD DEL SUELO
CUENCA AGUA SALUD
GRAFICA N° 5.9
PORCENTAJE HUMEDAD
PROFUNDIDAD -PULGADAS-
# ESTACION PLUVIOMETRICA
^ ESTACION LIMNIGRAFICA
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
11.00
12.00
13.00
14.00
15.00
16.00
17.00

TABLA N°5.4

MUESTRAS DE LAS REGIONES FORESTADAS Y DEFORESTADAS

| ESTADO DEL SUELO | UBICACION | PROFUNDIDAD | PORCENTAJE DE HUMEDAD |
|---|---|---|---|
| Deforestado | tope de talud | 84" | 29.2 |
| Forestado | base de talud | 72" | 27.0 |
| Deforestado | tope de talud | 2" | 33.3 |
| Forestado | base de talud | 64" | 51.7 |
| Deforestado | tope de talud | 24" | 44.5 |
| Forestado | base de talud | 96" | 25.3 |
| Forestado | base de talud | 48" | 47.3 |
| Forestado | tope de talud | 11" | 44.0 |
| Forestado | tope de talud | 9" | 50.6 |
| Deforestado | tope de talud | 12" | 42.6 |
| Forestado | base de talud | 3" | 57.9 |
| Forestado | tope de talud | 77" | 45.9 |
| Forestado | tope de talud | 26" | 36.9 |
| Forestado | base de talud | 36" | 29.5 |
| Forestado | tope de talud | 58" | 42.1 |
| Forestado | tope de talud | 4" | 43.8 |
| Forestado | base de talud | 60" | 34.3 |
| Deforestado | tope de talud | 69" | 29.0 |
| Forestado | base de talud | 8" | 33.1 |
| Forestado | base de talud | 12" | 54.7 |
| Forestado | tope de talud | 41" | 39.0 |
| Deforestado | tope de talud | 10" | 35.2 |

TABLA N'5.5

MUESTRAS DE LAS ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RIO AGUA SALUD

| TIPO DE ESTACION | PROFUNDIDAD | PORCENTAJE DE HUMEDAD |
|---|---|---|
| Pluviométrica N'1 | 10" | 37.3 |
| Pluviométrica N'2 | 9" | 45.3 |
| Pluviométrica N'3 | 10" | 34.6 |
| Pluviométrica N'4 | 10" | 33.7 |
| Pluviométrica N'5 | 9" | 37.2 |
| Pluviométrica N'6 | 9" | 40.7 |
| Limnigráfica N'1 | 7.5" | 35.0 |
| Limnigráfica N'2 | 11" | 25.5 |

## D. HUMEDAD RELATIVA

Las fluctuaciones en la humedad dentro de la cuenca del Río Agua Salud son muy parecidas a las de la precitación. La humedad relativa máxima se registra en los meses lluviosos y los mínimos en la estación seca.

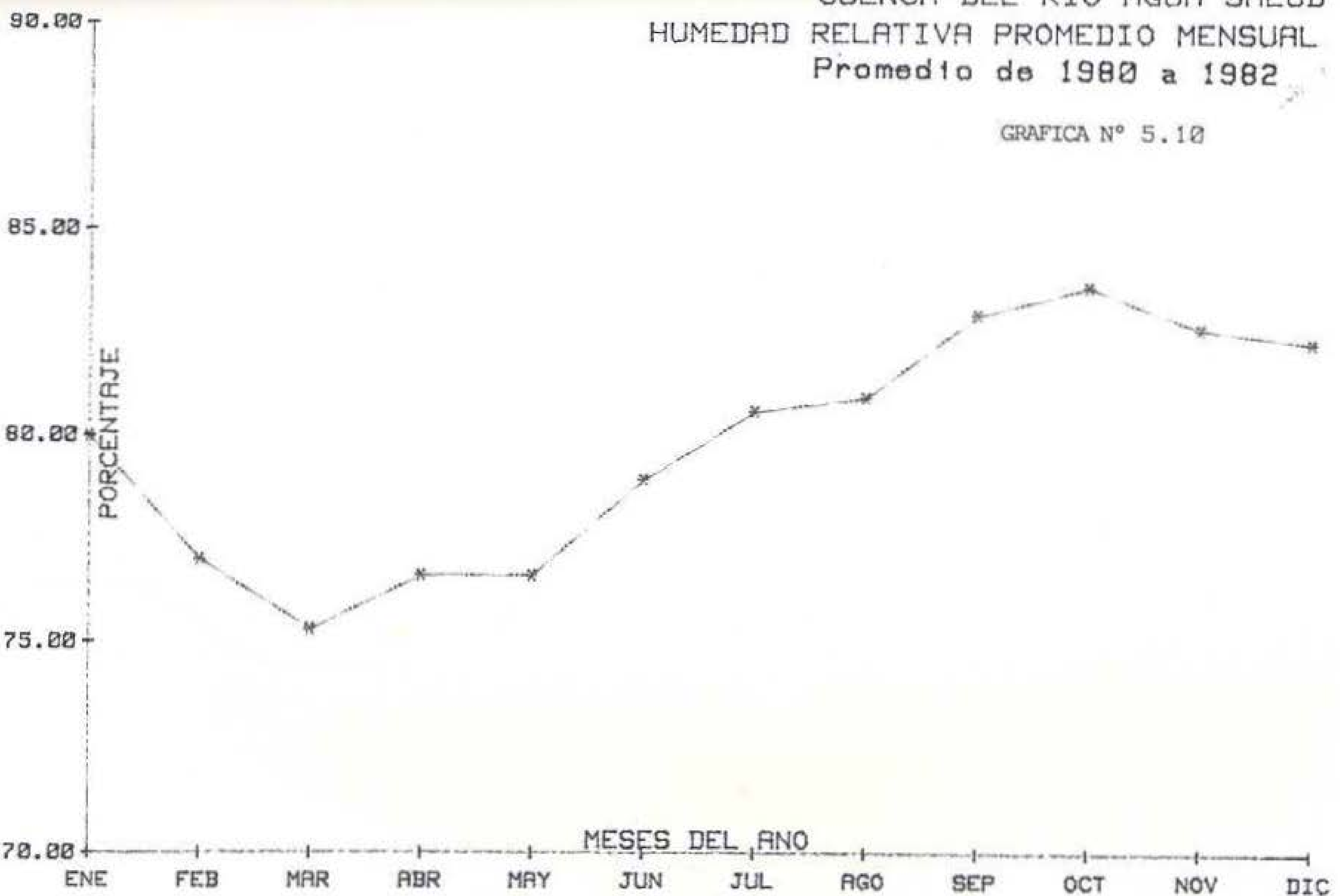
Analizando la gráfica No.5.10 vemos que en nuestro estudio, el mes de octubre alcanzó la máxima humedad relativa en el promedio de los tres años con un porcentaje de humedad de 83.6%, el mínimo ocurrió en marzo con un valor de 75.4%.

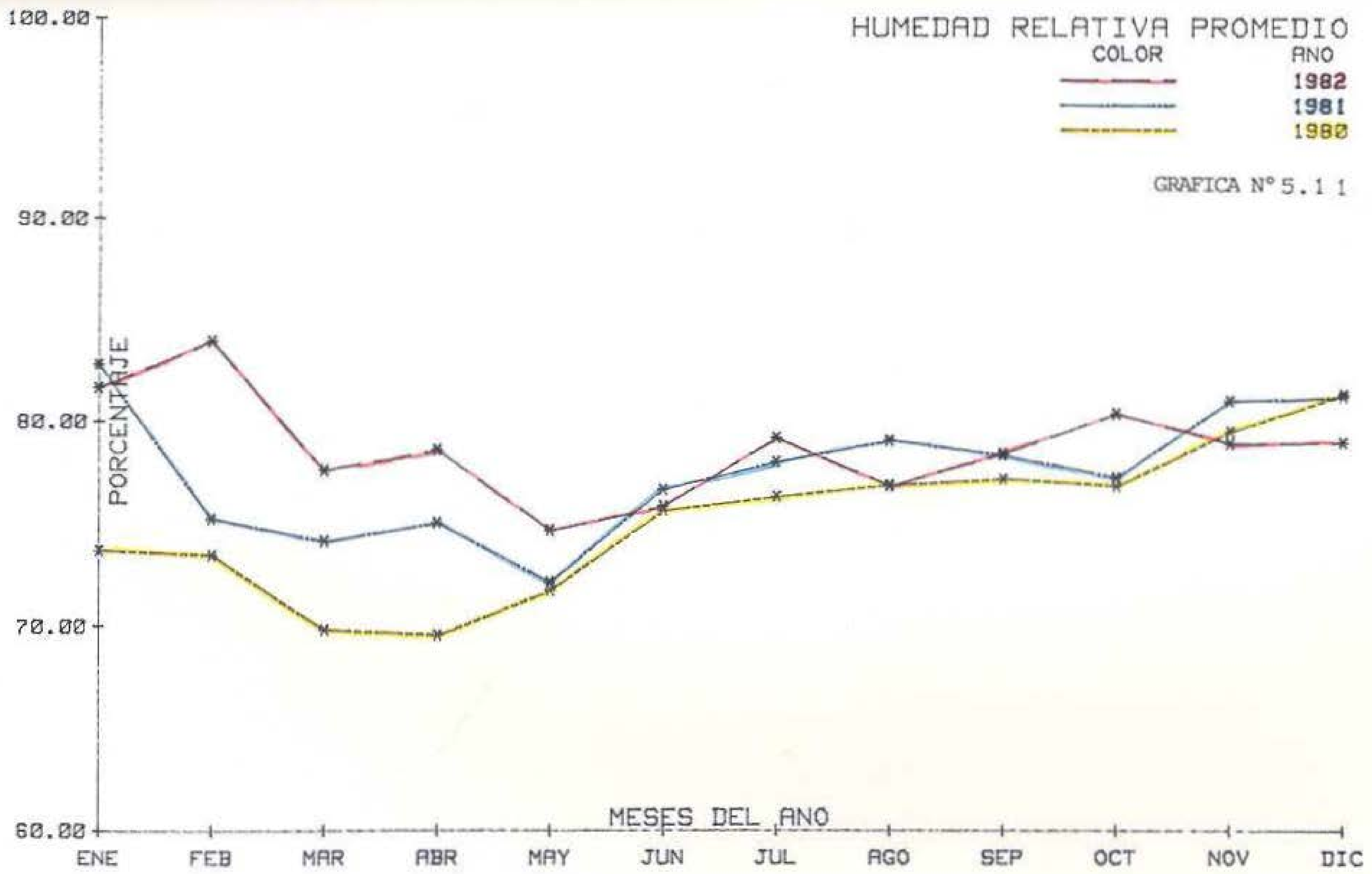
Un estudio año por año (gráfica No.5.11) establece que el año con un mayor porcentaje de humedad relativa fué 1981 con un promedio mensual de 81.91%, le sigue 1982 con 80.39% y finalmente 1980 con 77.01%.

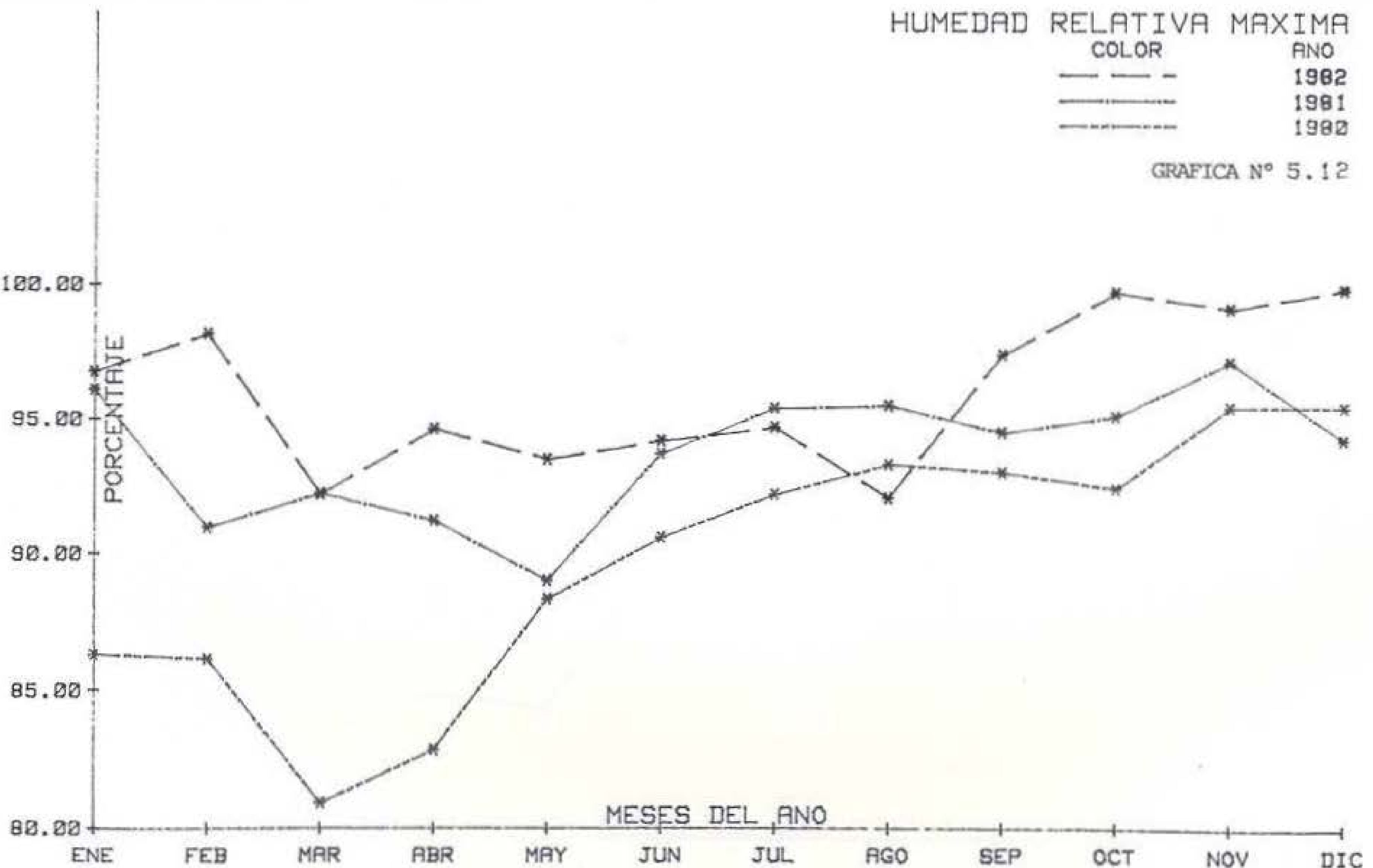
Los promedios máximos de humedad para cada año (gráfica No.5.12) fueron los siguientes; 1982 con 99.1%, 1981 con 98.97% y 1980 con 93.5%. Los promedios mínimos para cada año (gráfica No.5.13) se distribuyeron así; 1981 con 64.84%, 1982 con 61.67% y 1980 con 60.52%. El promedio para estos tres años es de 79.77% y varía desde un promedio mínimo de 62.34% hasta un promedio máximo de 97.19%.

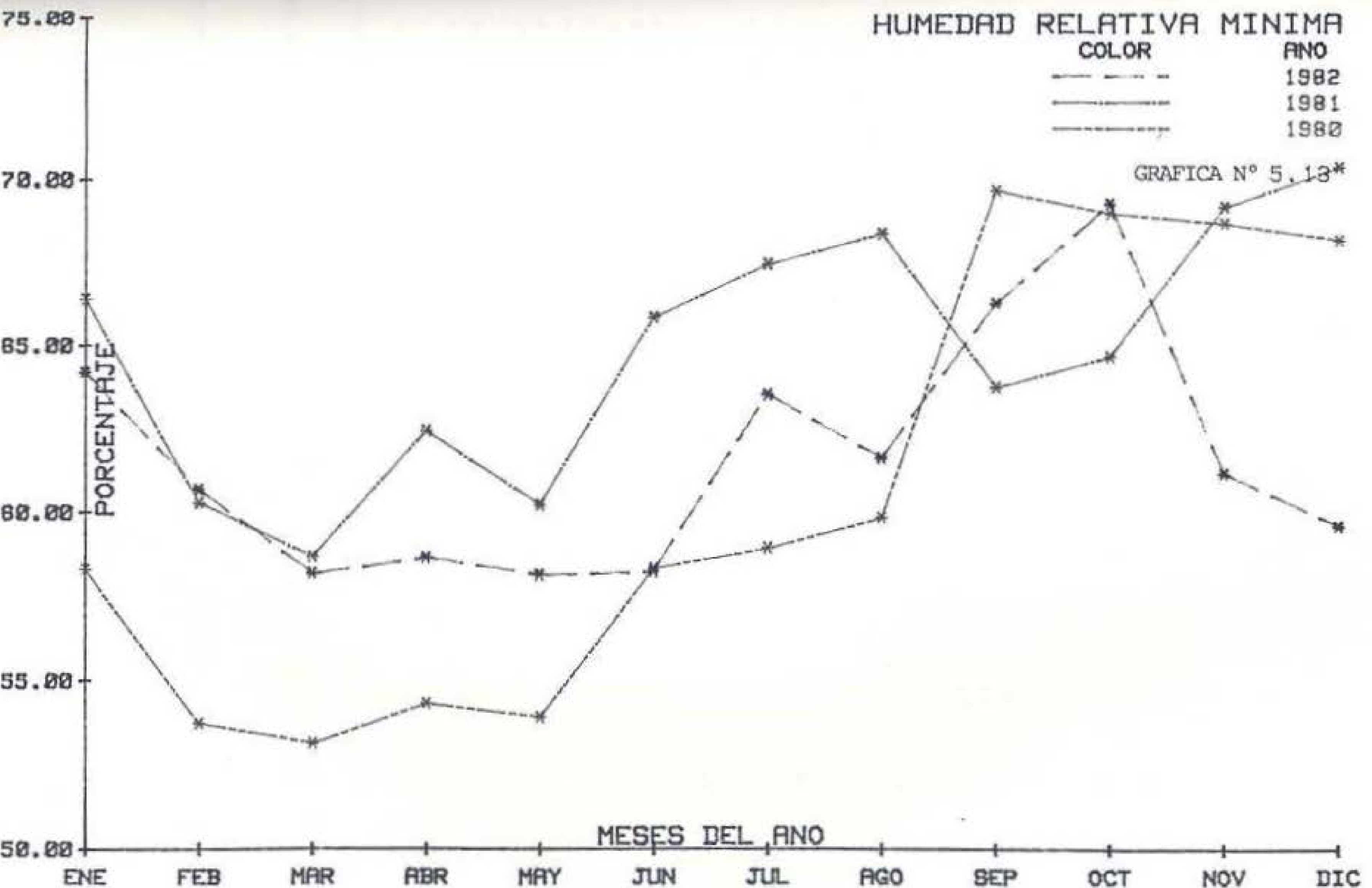
Los cambios durante el día de la humedad relativa son el inverso que las temperaturas del aire y las velocidad del viento, es decir, a mayor temperatura y mayor velocidad del viento, menor porcentaje de humedad relativa en el aire. La máxima humedad relativa durante el día ocurre al final de la tarde y el mínimo aproximadamente a las 3:00 de la tarde.

La humedad relativa máxima posible (100%) fue alcanzada con mayor frecuencia en octubre de 1982 (30 días seguidos), por el lado opuesto, la humedad relativa mínima se dio en junio 5 de 1981 y alcanzó el valor de 43% (tabla No.5.6 a No.5.11).


CUENCA DEL RIO AGUA SALUD
HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL
Promedio de 1980 a 1982
GRAFICA N° 5.10
90.00
85.00
80.00
75.00
70.00
PORCENTAJE
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.1 1
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
PORCENTAJE
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


HUMEDAD RELATIVA MAXIMA
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.12
100.00
95.00
90.00
85.00
80.00
PORCENTAJE
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


HUMEDAD RELATIVA MINIMA
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.13
75.00
70.00
65.00
60.00
55.00
50.00
PORCENTAJE
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

HUMEDAD RELATIVA MINIMA (%)

1980

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 73 | 63 | 61 | 59 | 51 | 58 | 61 | 62 | 69 | 56 | 76 | 74 | |
| 63 | 57 | 60 | 59 | 48 | 47 | 61 | 57 | 74 | 56 | 67 | 62 | |
| 60 | 58 | 59 | 51 | 47 | 53 | 59 | 58 | 55 | 53 | 62 | 62 | |
| 62 | 60 | 57 | 56 | 54 | 56 | 56 | 57 | 58 | 61 | 65 | 74 | |
| 59 | 77 | 62 | 56 | 59 | 63 | 61 | 66 | 66 | 60 | 62 | 70 | |
| 60 | 67 | 58 | 57 | 72 | 58 | 61 | 63 | 71 | 60 | 67 | 64 | |
| 61 | 69 | 57 | 56 | 67 | 80 | 58 | 62 | 62 | 65 | 69 | 64 | |
| 64 | 56 | 59 | 55 | 59 | 60 | 59 | 58 | 59 | 59 | 71 | 64 | |
| 61 | 62 | 62 | 54 | 47 | 74 | 59 | 60 | 58 | . | 59 | 68 | |
| 60 | 56 | 61 | 57 | 52 | 58 | 59 | 60 | 66 | . | 62 | 69 | 1 |
| 59 | 57 | 61 | 57 | 56 | 67 | 55 | 56 | 56 | 60 | 67 | 59 | 1 |
| 59 | 59 | 57 | 56 | 51 | 59 | 61 | 56 | 55 | 52 | 62 | 61 | 1 |
| 60 | 55 | 58 | 53 | 59 | 61 | 66 | 55 | 67 | 59 | 67 | 75 | 1 |
| 58 | 61 | 59 | 53 | 53 | 58 | 66 | 58 | 61 | 60 | 56 | 60 | 1 |
| 66 | 63 | 60 | 52 | 50 | 56 | 62 | 61 | 63 | 59 | 59 | 63 | 1 |
| 61 | 67 | 62 | 56 | 51 | 58 | 61 | 84 | 56 | 65 | 59 | 64 | 1 |
| 59 | . | 59 | 56 | 55 | 60 | 58 | 59 | 58 | 59 | 53 | 67 | 1 |
| 64 | . | 56 | 60 | 70 | 56 | 62 | 50 | 68 | 71 | 60 | 66 | 1 |
| 63 | . | 61 | 59 | 52 | 67 | 58 | 65 | 66 | 56 | 56 | 62 | 1 |
| 59 | 65 | 59 | 53 | 59 | 66 | 70 | 52 | 77 | 56 | 56 | 62 | 2 |
| 58 | 59 | 59 | 61 | 59 | 60 | 59 | . | 59 | 53 | 60 | 61 | 2 |
| 61 | 59 | 53 | 62 | 56 | 61 | 61 | . | 58 | 58 | 67 | 77 | 2 |
| 59 | 55 | 57 | 56 | 45 | 68 | 57 | . | 49 | 67 | 60 | 68 | 2 |
| 65 | 55 | 62 | 69 | 54 | 62 | 63 | 58 | 54 | 59 | 65 | 66 | 2 |
| 63 | 63 | 60 | 57 | 57 | 64 | 56 | 59 | 51 | 59 | 63 | 65 | 2 |
| 57 | 55 | 54 | 54 | 51 | 60 | 61 | 58 | 73 | 65 | 63 | 66 | 2 |
| 56 | 58 | 58 | 56 | 48 | 60 | 57 | 64 | 71 | 78 | 71 | 67 | 2 |
| 58 | 58 | 58 | 53 | 56 | 58 | 59 | 69 | 55 | 66 | 69 | 86 | 2 |
| 56 | 62 | 60 | 53 | 49 | 56 | 63 | 60 | 54 | 71 | 64 | 78 | 2 |
| 59 | . | 55 | 53 | 59 | 56 | 69 | 66 | 56 | 67 | 76 | 71 | 3 |
| 65 | . | 54 | . | 64 | . | 59 | 63 | . | 71 | . | 73 | 3 |

PROMEDIO

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.9 | 60.6 | 58.6 | 56.3 | 55.2 | 60.7 | 60.5 | 60.6 | 61.5 | 61.4 | 63.8 | 67.4 |

TABLA N' 5.6

## HUMEDAD RELATIVA MAXIMA (%)

1980

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 87 | 94 | 85 | 80 | 80 | 93 | 82 | 100 | 99 | 98 | 95 | 96 |
| 81 | 86 | 84 | 81 | 77 | 82 | 93 | 89 | 96 | 89 | 98 | 89 |
| 93 | 87 | 77 | 83 | 80 | 87 | 82 | 96 | 96 | 90 | 96 | 87 |
| 89 | 83 | 85 | 79 | 82 | 85 | 83 | 99 | 95 | 90 | 97 | 96 |
| 82 | 97 | 86 | 79 | 88 | 89 | 79 | 97 | 96 | 95 | 99 | 96 |
| 81 | 99 | 85 | 80 | 95 | 97 | 79 | 95 | 88 | 95 | 96 | 96 |
| 82 | 97 | 83 | 80 | 88 | 97 | 86 | 93 | 88 | 89 | 98 | 91 |
| 80 | 85 | 80 | 82 | 87 | 95 | 89 | 95 | 90 | 90 | 96 | 95 |
| 82 | 88 | 80 | 82 | 85 | 96 | 93 | 91 | 88 | . | 96 | 99 |
| 82 | 86 | 82 | 90 | 81 | 95 | 89 | 89 | 96 | . | 96 | 96 |
| 88 | 78 | 84 | 93 | 87 | 90 | 95 | 89 | 91 | 93 | 100 | 91 |
| 88 | 78 | 81 | 94 | 87 | 93 | 94 | 96 | 83 | 90 | 100 | 97 |
| 95 | 80 | 80 | 90 | 95 | 93 | 95 | 95 | 96 | 90 | 99 | 96 |
| 92 | 89 | 80 | 94 | 95 | 91 | 100 | 99 | 96 | 95 | 94 | 96 |
| 91 | 88 | 81 | 84 | 86 | 79 | 95 | 94 | 98 | 95 | 97 | 96 |
| 91 | 88 | 81 | 76 | 88 | 85 | 95 | 99 | 95 | 90 | 94 | 96 |
| 92 | . | 77 | 85 | 87 | 89 | 95 | 96 | 98 | 91 | 93 | 91 |
| 99 | . | 79 | 78 | 93 | 93 | 100 | 98 | 100 | 90 | 94 | 93 |
| 93 | . | 81 | 74 | 89 | 95 | 98 | 100 | 95 | 88 | 91 | 97 |
| 81 | 86 | 79 | 75 | 99 | 96 | 91 | 90 | 95 | 92 | 88 | 99 |
| 84 | 85 | 79 | 75 | 99 | 93 | 91 | . | 91 | 85 | 91 | 97 |
| 86 | 86 | 83 | 90 | 97 | 100 | 91 | . | 88 | 91 | 90 | 97 |
| 87 | 86 | 85 | 88 | 90 | 99 | 100 | . | 94 | 91 | 97 | 95 |
| 86 | 77 | 82 | 89 | 90 | 85 | 99 | 85 | 95 | 89 | 94 | 95 |
| 83 | 85 | 76 | 93 | 87 | 87 | 93 | 77 | 85 | 89 | 96 | 91 |
| 79 | 87 | 78 | 84 | 87 | 84 | 96 | 84 | 95 | 99 | 97 | 96 |
| 83 | 82 | 74 | 75 | 84 | 90 | 90 | 91 | 95 | 99 | 92 | 99 |
| 82 | 81 | 77 | 77 | 93 | 83 | 96 | 96 | 90 | 95 | 97 | 100 |
| 85 | 81 | 81 | 74 | 93 | 90 | 96 | 99 | 91 | 100 | 97 | 100 |
| 85 | . | 83 | 81 | 87 | 89 | 95 | 96 | 91 | 99 | 97 | 99 |
| 85 | . | 80 | . | 84 | . | 100 | 88 | . | 96 | . | 99 |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | | |
| 86.3 | 86.1 | 80.9 | 82.8 | 88.4 | 90.7 | 92.3 | 93.4 | 93.1 | 92.5 | 95.5 | 95.5 |

TABLA N' 5.7

HUMEDAD RELATIVA MINIMA (%)

1981

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 65 | 73 | 49 | 53 | 46 | 64 | 56 | 59 | 61 | 59 | 60 | 60 | |
| 71 | 64 | 56 | 53 | 52 | 69 | 56 | 63 | 62 | 62 | 50 | 65 | |
| 74 | 64 | 56 | 56 | 49 | 53 | 74 | 71 | 64 | 59 | 46 | 65 | |
| 68 | 47 | 53 | 55 | 59 | 53 | 61 | 72 | 61 | 65 | 49 | 63 | |
| 68 | 57 | 57 | 56 | 50 | 43 | 62 | 66 | 62 | 63 | 54 | 68 | |
| 65 | 56 | 67 | 53 | 48 | 55 | 56 | 65 | 71 | 62 | 60 | 63 | |
| 69 | 58 | 52 | 54 | 45 | 71 | 56 | 69 | 70 | 68 | 71 | 63 | |
| 71 | 59 | 55 | 58 | 61 | 63 | 60 | 55 | 61 | . | 65 | 77 | |
| 67 | 57 | 61 | 56 | 48 | 59 | 59 | 62 | 63 | . | 62 | 79 | |
| 65 | 58 | 58 | 54 | 49 | 50 | 60 | 63 | 76 | 71 | 70 | 75 | 1 |
| 64 | 59 | 55 | 56 | 59 | 54 | 62 | 60 | 62 | 63 | 82 | 76 | 1 |
| 78 | 59 | 53 | 51 | 64 | 67 | 60 | 69 | 64 | 77 | 77 | 76 | 1 |
| 74 | 58 | 54 | 50 | 50 | 69 | 61 | 71 | 54 | 51 | 68 | 88 | 1 |
| 74 | 59 | 59 | 55 | 77 | 55 | 59 | 55 | 67 | 60 | 68 | 65 | 1 |
| 75 | 60 | 59 | 62 | 85 | 51 | 69 | 58 | 55 | 57 | 82 | 69 | 1 |
| 71 | 61 | 58 | 60 | 56 | 79 | 79 | 58 | 64 | 62 | 76 | 64 | 1 |
| 69 | 64 | 59 | 55 | 53 | 60 | 65 | 55 | 65 | 58 | 59 | 63 | 1 |
| 76 | 56 | 55 | 77 | 52 | 53 | 71 | 60 | 63 | 65 | 65 | 64 | 1 |
| 71 | 58 | 53 | 70 | 49 | 61 | 60 | 59 | 61 | 59 | 60 | 63 | 1 |
| 64 | 64 | 55 | 65 | 49 | 51 | 63 | 70 | 56 | 52 | 62 | 69 | 2 |
| 67 | 59 | 65 | 54 | 54 | 54 | 57 | 61 | 60 | 68 | 77 | 75 | 2 |
| 63 | 59 | 51 | 66 | 63 | 59 | 54 | 61 | 60 | 62 | 69 | 67 | 2 |
| 74 | 63 | 46 | 61 | 70 | 53 | 58 | 55 | 56 | 59 | 71 | 82 | 2 |
| 68 | 61 | 56 | 62 | 55 | 54 | 58 | 58 | 62 | 55 | 62 | 63 | 2 |
| 71 | 58 | 56 | 60 | 50 | 71 | 56 | 68 | 55 | 51 | 68 | 63 | 2 |
| 65 | 58 | 59 | 63 | 50 | 59 | 60 | 63 | 62 | 52 | 68 | 63 | 2 |
| 72 | 60 | 57 | 73 | 50 | 67 | 55 | 63 | 70 | 56 | 68 | 63 | 2 |
| 68 | 52 | 55 | 71 | 56 | 69 | 58 | 58 | 61 | 48 | 61 | 62 | 2 |
| 69 | . | 58 | 59 | 59 | 64 | 59 | 62 | 63 | 52 | 64 | 63 | 2 |
| 65 | . | 55 | 45 | 51 | 61 | 61 | 76 | 60 | 52 | 64 | 68 | 3 |
| 72 | . | 51 | . | 54 | . | 61 | 62 | 62 | 61 | 61 | 75 | 3 |

PROMEDIO

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9.5 | 59.3 | 55.9 | 58.8 | 55.3 | 59.7 | 60.8 | 62.8 | 62.4 | 59.6 | 65.1 | 68.4 |

TABLA N' 5.8

HUMEDAD RELATIVA MAXIMA (%)

1981

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 94 | 75 | 89 | 99 | 90 | 99 | 100 | 100 | 93 | 95 | 98 | 1 |
| 96 | 92 | 78 | 82 | 97 | 91 | 93 | 100 | 100 | 91 | 93 | 100 | 2 |
| 93 | 92 | 82 | 82 | 95 | 93 | 93 | 100 | 99 | 95 | 94 | 83 | 3 |
| 98 | 88 | 77 | 82 | 87 | 88 | 100 | 93 | 99 | 98 | 93 | 82 | 4 |
| 91 | 91 | 80 | 90 | 89 | 86 | 99 | 100 | 95 | 99 | 93 | 100 | 5 |
| 97 | 96 | 93 | 83 | 86 | 88 | 97 | 85 | 93 | 93 | 93 | 100 | 6 |
| 97 | 85 | 89 | 89 | 85 | 91 | 89 | 91 | 94 | 99 | 100 | 95 | 7 |
| 99 | 84 | 87 | 91 | 89 | 100 | 100 | 90 | 95 | . | 99 | 93 | 8 |
| 98 | 91 | 99 | 90 | 90 | 97 | 97 | 94 | 91 | . | 100 | 93 | 9 |
| 98 | 90 | 85 | 88 | 90 | 90 | 93 | 90 | 94 | 100 | 100 | 100 | 10 |
| 91 | 89 | 83 | 76 | 86 | 86 | 93 | 98 | 94 | 100 | 93 | 100 | 11 |
| 98 | 90 | 95 | 77 | 99 | 99 | 100 | 91 | 93 | 97 | 100 | 97 | 12 |
| 99 | 97 | 100 | 86 | 96 | 100 | 100 | 94 | 92 | 93 | 100 | 93 | 13 |
| 97 | 93 | 100 | 100 | 98 | 90 | 97 | 93 | 91 | 93 | 93 | 91 | 14 |
| 99 | 96 | 96 | 97 | 95 | 91 | 98 | 92 | 93 | 99 | 100 | 90 | 15 |
| 96 | 99 | 100 | 100 | 93 | 100 | 100 | 93 | 91 | 98 | 100 | 93 | 16 |
| 88 | 94 | 100 | 100 | 81 | 100 | 99 | 91 | 99 | 100 | 97 | 89 | 17 |
| 96 | 90 | 100 | 100 | 93 | 99 | 97 | 97 | 94 | 93 | 93 | 85 | 18 |
| 99 | 89 | 99 | 100 | 83 | 94 | 94 | 93 | 90 | 93 | 99 | 85 | 19 |
| 100 | 89 | 100 | 97 | 82 | 93 | 89 | 98 | 91 | 93 | 93 | 99 | 20 |
| 99 | 91 | 91 | 95 | 73 | 86 | 93 | 99 | 95 | 93 | 100 | 100 | 21 |
| 99 | 91 | 100 | 100 | 91 | 88 | 91 | 99 | 90 | 100 | 100 | 100 | 22 |
| 100 | 91 | 99 | 96 | 99 | 84 | 95 | 99 | 82 | 99 | 100 | 100 | 23 |
| 98 | 92 | 95 | 95 | 92 | 100 | 91 | 93 | 94 | 93 | 100 | 99 | 24 |
| 94 | 89 | 92 | 93 | 89 | 100 | 91 | 100 | 91 | 90 | 94 | 86 | 25 |
| 90 | 93 | 95 | 95 | 79 | 99 | 98 | 100 | 97 | 93 | 99 | 100 | 26 |
| 90 | 93 | 95 | 100 | 80 | 99 | 88 | 95 | 97 | 94 | 93 | 100 | 27 |
| 91 | 79 | 93 | 91 | 78 | 100 | 100 | 99 | 100 | 93 | 100 | 95 | 28 |
| 91 | . | 95 | 87 | 83 | 93 | 100 | 98 | 100 | 90 | 100 | 83 | 29 |
| 99 | . | 96 | 89 | 91 | 99 | 95 | 99 | 100 | 90 | 100 | 93 | 30 |
| 99 | . | 93 | . | 93 | . | 93 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 31 |

PROMEDIO

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible].1 | 91.0 | 92.3 | 91.3 | 89.1 | 93.8 | 95.5 | 95.6 | 94.6 | 95.2 | 97.2 | 94.3 |

TABLA N' 5.9

## HUMEDAD RELATIVA MINIMA (%)

1982

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 78 | 71 | 71 | 63 | 52 | 55 | 59 | 62 | 58 | 55 | 55 | 58 |
| 82 | 67 | 70 | 64 | 49 | 50 | 65 | 58 | 60 | 60 | 56 | 56 |
| 74 | 67 | 73 | 62 | 56 | 56 | 63 | 54 | 62 | 52 | 51 | 58 |
| 77 | 65 | 72 | 64 | 61 | 55 | 69 | 56 | 60 | 65 | 50 | 56 |
| 77 | 71 | 71 | 67 | 57 | 67 | 61 | 56 | 52 | 56 | 62 | 57 |
| 82 | 69 | 67 | 63 | 58 | 59 | 74 | 58 | 69 | 64 | 57 | . |
| 60 | 69 | 70 | 59 | 57 | 56 | 64 | 70 | 59 | 76 | 61 | 56 |
| 65 | 71 | 70 | 56 | 65 | 63 | 56 | 70 | 62 | 56 | 61 | 58 |
| 62 | 67 | 72 | 61 | 57 | 74 | 62 | 61 | 64 | 63 | 58 | 56 |
| 61 | 68 | 62 | 84 | 59 | 55 | 59 | 59 | 65 | 58 | 57 | 56 |
| 65 | 71 | 63 | 56 | 69 | 55 | 60 | 58 | 58 | 52 | 68 | 61 |
| 65 | 70 | 58 | 91 | 56 | 55 | 76 | 60 | 63 | 52 | 62 | 58 |
| 65 | 68 | 57 | 54 | 59 | 51 | 58 | 64 | 54 | 51 | 52 | 56 |
| 64 | 68 | 57 | 56 | 56 | 54 | 61 | 63 | 57 | 60 | 62 | 57 |
| 61 | 71 | 59 | 62 | 56 | 54 | 58 | 63 | 52 | 78 | 55 | 54 |
| 60 | 71 | 59 | 60 | 54 | 54 | 57 | 62 | 68 | 63 | 55 | 59 |
| 70 | 70 | 59 | 61 | 54 | 53 | 59 | 64 | 57 | 74 | 56 | 60 |
| 63 | 72 | 53 | 63 | 49 | 49 | 67 | 58 | 54 | 65 | 56 | 59 |
| 58 | 72 | 59 | 63 | 59 | 57 | 89 | 62 | 58 | 64 | 57 | 58 |
| 61 | 72 | 62 | 63 | 61 | 57 | 62 | 58 | . | 97 | 58 | 62 |
| 60 | 69 | 63 | 64 | 52 | 55 | 56 | 68 | 57 | 57 | 60 | 62 |
| 59 | 74 | 64 | 65 | 57 | 56 | 60 | 64 | 55 | 59 | 57 | 59 |
| 60 | 72 | 59 | 64 | 58 | 56 | 64 | 62 | 58 | 62 | 62 | 56 |
| 60 | 77 | 58 | 63 | 59 | 65 | 60 | 58 | 77 | 56 | 61 | 54 |
| 61 | 68 | 58 | 63 | 58 | 59 | 67 | 57 | 88 | 56 | 67 | 56 |
| 69 | 64 | 56 | 59 | 58 | 61 | 75 | 60 | 58 | 57 | 81 | 56 |
| 71 | 67 | 58 | 62 | 50 | 64 | 70 | 62 | 51 | 56 | 59 | 57 |
| 65 | 71 | 60 | 58 | 45 | 62 | 64 | 79 | 51 | 58 | 57 | 57 |
| 68 | . | 65 | 61 | 53 | 63 | 64 | 59 | 52 | 70 | 59 | 62 |
| 71 | . | 64 | 49 | 49 | 59 | 64 | 56 | 52 | 55 | 59 | 64 |
| 71 | . | 65 | . | 49 | . | 59 | 74 | . | 54 | . | 74 |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | | |
| 66.6 | 69.7 | 63.0 | 62.7 | 55.9 | 57.6 | 63.9 | 61.8 | 59.7 | 61.3 | 59.0 | 58.4 |

TABLA N' 5.10

HUMEDAD RELATIVA MAXIMA (%)

1982

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 100 | 100 | 86 | 99 | 93 | 82 | 84 | 100 | 100 | 99 | 100 |
| 100 | 93 | 100 | 95 | 100 | 99 | 100 | 89 | 92 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | 96 | 84 | 92 | 90 | 100 | 100 | 97 |
| 99 | 100 | 100 | 91 | 98 | 100 | 100 | 97 | 91 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 95 | 100 | 100 | 93 | 100 | 100 | 86 | 93 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 95 | 100 | 100 | 97 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | . |
| 100 | 93 | 100 | 91 | 97 | 100 | 95 | 100 | 99 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 95 | 95 | 90 | 90 | 100 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 99 | 100 | 86 | 100 | 100 | 100 | 95 | 91 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 100 | 94 | 100 | 100 | 98 | 84 | 89 | 99 | 100 | 90 | 100 |
| 100 | 97 | 91 | 100 | 91 | 91 | 84 | 84 | 93 | 100 | 100 | 100 |
| 93 | 97 | 94 | 100 | 91 | 93 | 93 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 90 | 93 | 82 | 100 | 92 | 90 | 93 | 99 | 94 | 100 | 99 | 100 |
| 93 | 99 | 83 | 100 | 92 | 91 | 99 | 86 | 100 | 100 | 95 | 100 |
| 97 | 99 | 85 | 100 | 92 | 89 | 100 | 90 | 100 | 100 | 97 | 100 |
| 93 | 100 | 86 | 100 | 93 | 90 | 99 | 98 | 100 | 100 | 96 | 100 |
| 93 | 100 | 86 | 100 | 90 | 93 | 89 | 90 | 91 | 100 | 99 | 100 |
| 84 | 100 | 85 | 99 | 92 | 90 | 91 | 93 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 93 | 100 | 89 | 97 | 100 | 93 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 89 | 100 | 95 | 99 | 100 | 98 | 100 | 82 | . | 100 | 100 | 100 |
| 90 | 100 | 99 | 89 | 91 | 90 | 93 | 92 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 93 | 100 | 84 | 85 | 93 | 89 | 91 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 100 | 90 | 86 | 89 | 91 | 92 | 84 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 100 | 97 | 91 | 89 | 99 | 93 | 77 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 94 | 99 | 97 | 100 | 89 | 100 | 86 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 100 | 87 | 85 | 97 | 100 | 100 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 99 | 91 | 91 | 84 | 100 | 100 | 83 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | 97 | 89 | 84 | 84 | 93 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | . | 89 | 95 | 93 | 83 | 100 | 91 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | . | 84 | 100 | 89 | 82 | 100 | 83 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 100 | . | 90 | . | 100 | . | 94 | 100 | . | 94 | . | 100 |

PROMEDIO

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 96.8 | 98.2 | 92.3 | 94.7 | 93.6 | 94.3 | 94.8 | 92.2 | 97.5 | 99.8 | 99.2 | 99.9 |

TABLA N' 5.11

INTERCEPCION

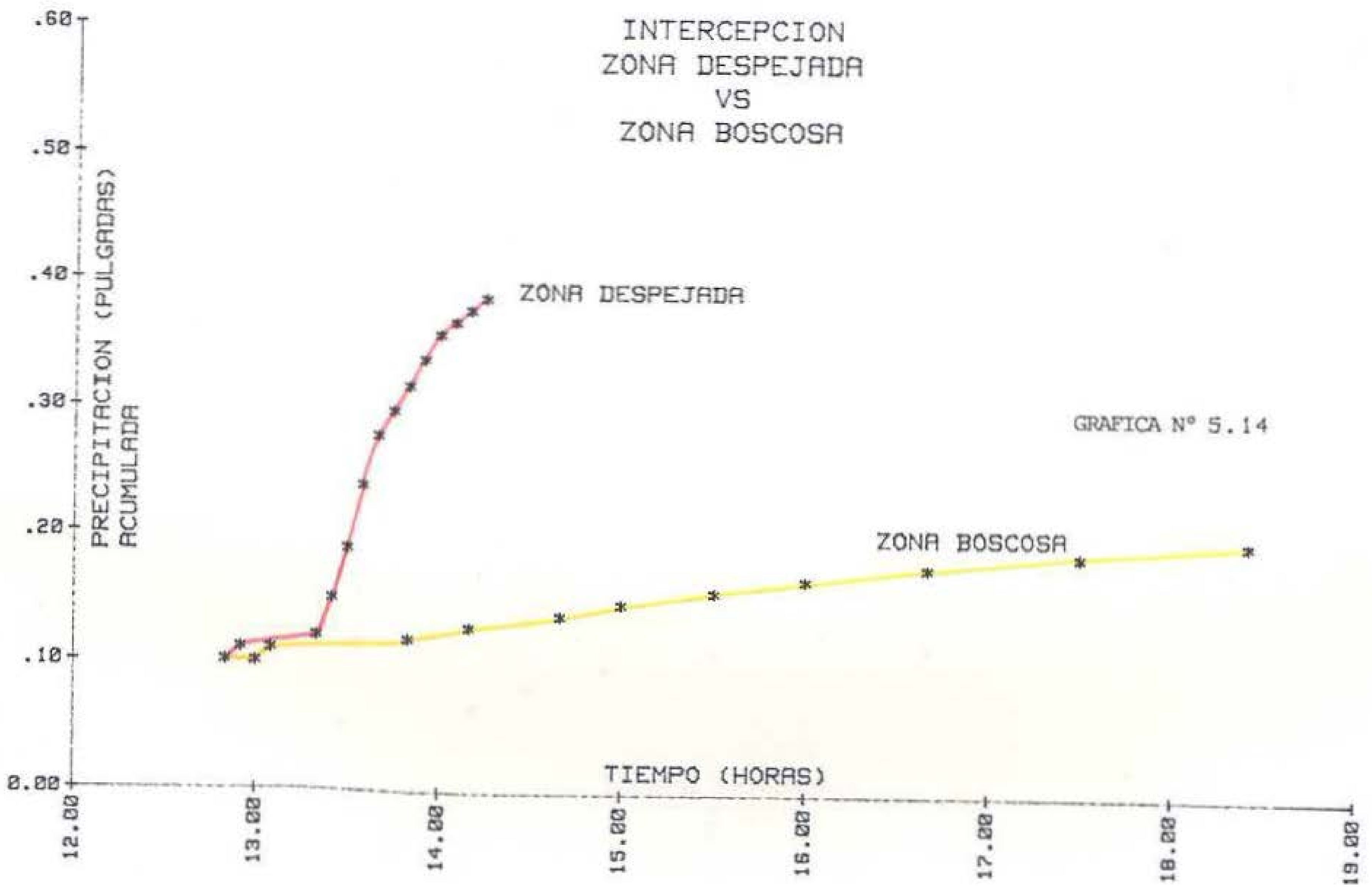
La precipitación es interceptada por la cubierta boscosa. Parte de la lluvia pasa por las aperturas de las copas sin tocar las hojas ni los troncos, ésta cae directamente sobre el recolector y por lo general la cantidad registrada depende de la ubicación del recolector y el tipo de vegetación.

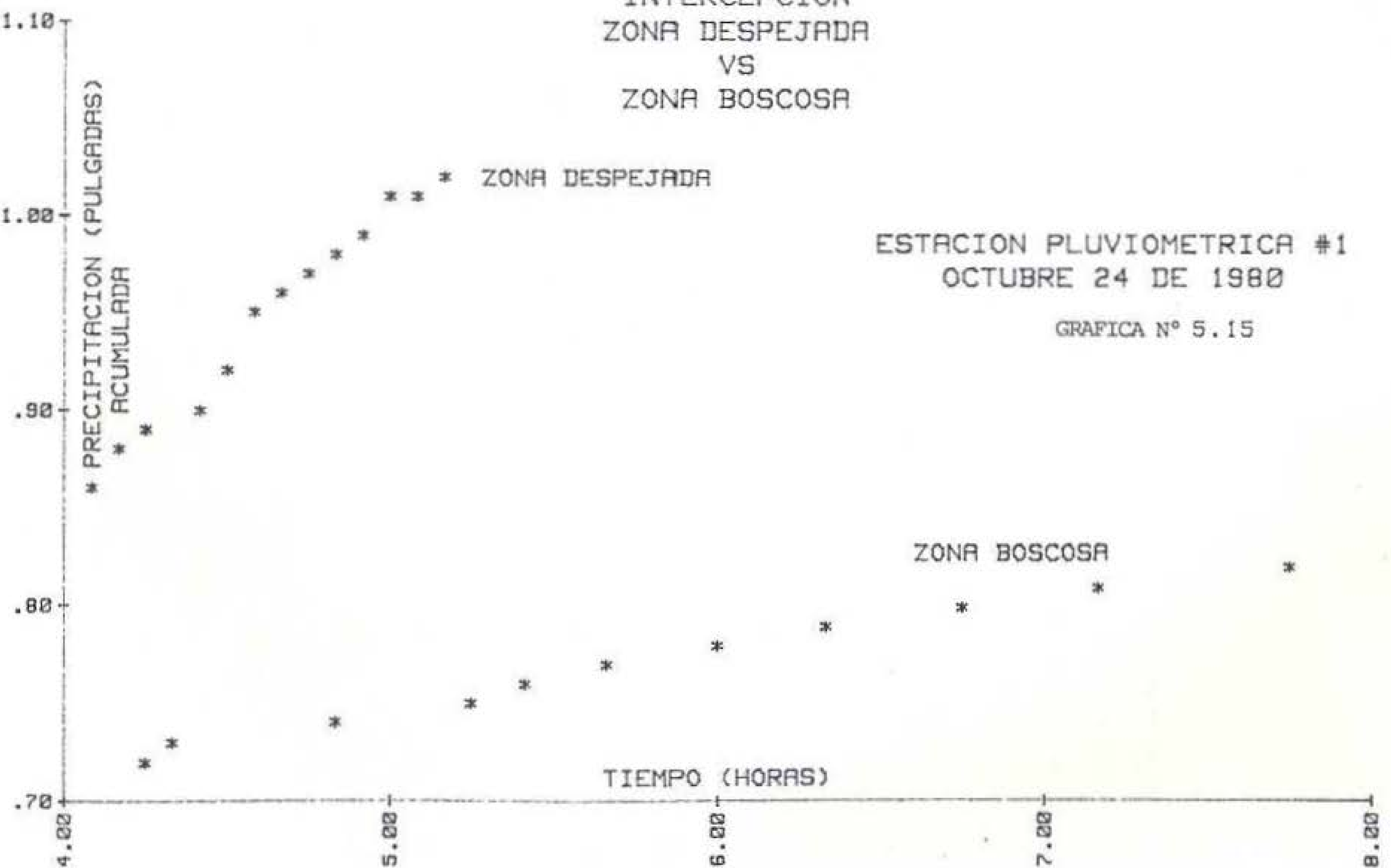
Los análisis sobre este punto son muy variables y en la mayoría de los casos son vagos, sin embargo, los registros que se presentan en nuestra cuenca experimental por lo menos nos pueden dar una idea del proceso de intercepción en este caso en particular.

Según las gráficas No.5.14 y No.5.15 de dos lluvias en particular, se puede mostrar como gran parte de la precipitación que choca contra la cubierta de las copas no hace mas que sufrir una momentánea interrupción en su marcha y a la larga llega al suelo. En varias de las lluvias estudiadas, el recolector instalado dentro de la cubierta boscosa comienza a registrar la lluvia aproximadamente de 10 a 30 minutos luego que ésta ha comenzado. Se puede notar igualmente que gran cantidad de la precipitación que ha caido se evapora en el ambiente, es absorbida y transpirada por las plantas o corre por los troncos, ramas, tallos, plantas, etc, es decir, sufre de muchas pérdidas antes de llegar al suelo o al aparato registrador.

El agua que se adhiere a las superficies y se evapora representa una pérdida para el suelo que está debajo; la que gotea o resbala no se distribuye uniformemente, sino que se concentra bajo los puntos de goteo y en torno a la base de los troncos. Las gotas de agua que se desprenden de las copas son grandes y si caen desde una gran altura adquieren una mayor fuerza de impacto.

Se ha notado en nuestro estudio que aproximadamente un 20% de la precipitación es interceptada por la cubierta boscosa o se pierde por los diferentes factores mencionados anteriormente. Durante el mes de octubre de 1980, desde el día 9 al 24, hubo una precipitación de .92 pulgadas que fue registrada por el pluviómetro No.1 ubicado en el campo abierto, el pluviómetro instalado en el bosque sólo registró .72 pulgadas.


INTERCEPCION
ZONA DESPEJADA
VS
ZONA BOSCOSA
GRAFICA N° 5.14
ZONA DESPEJADA
ZONA BOSCOSA
PRECIPITACION (PULGADAS)
ACUMULADA
TIEMPO (HORAS)
0.00
.10
.20
.30
.40
.50
.60
12.00
13.00
14.00
15.00
16.00
17.00
18.00
19.00


INTERCEPCION
ZONA DESPEJADA
VS
ZONA BOSCOSA
ESTACION PLUVIOMETRICA #1
OCTUBRE 24 DE 1980
GRAFICA N° 5.15
ZONA DESPEJADA
ZONA BOSCOSA
PRECIPITACION (PULGADAS) ACUMULADA
TIEMPO (HORAS)
1.10
1.00
.90
.80
.70
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00

## F. PRECIPITACION

La migración anual al norte y sur del cinturón de alta presión del Atlántico y la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) normalmente dividen el año en una estación seca de 4 meses, desde mediados de diciembre a mediados de abril y una estación lluviosa de 8 meses para el resto del año.

La distribución del promedio anual de precipitación en la cuenca del Río Agua Salud se aprecia en el mapa de isoyetas en la figura No.5.1. Las figuras No.5.2 al No.5.4 muestran la distribución de precipitación de las diferentes estaciones durante los años 1980, 1981, 1982 respectivamente. Las gráficas No.5.16 al No.5.21 nos presentan gráficamente el comportamiento promedio mensual de la precitación en cada una de las estaciones.

Analizando los resultados durante estos tres años (gráfica No.5.22) se observa que marzo es el mes más seco (1.07" como promedio diario) y los meses de mayor precipitación son octubre, noviembre y diciembre, siendo noviembre el más lluvioso (14.15" como promedio diario). Las tormentas locales de origen convectivo representan la mayor parte de la precipitación. Algunos de los eventos de precipitación ocurren en forma de aguaceros torrenciales que duran de unos cuantos minutos a varias horas y el área cubierta, usualmente no es ni general ni uniforme.

En los tres años en mención, vemos que el promedio de precipitación anual para las 6 estaciones es de 103.29 pulgadas. El año 1980 representa un período hidrológicamente normal (promedio de 85.01 pulgadas anuales), 1981 un año extremadamente lluvioso (promedio de 144.22 pulgadas de precipitación anual) y 1982 un año relativamente seco (promedio de 82.18 pulgadas de precipitación anual). Esto nos presenta las tres condiciones extremas durante el estudio de una cuenca. El año 1982 que parecía tener un comportamiento más lluvioso que 1980, varió bruscamente durante sus últimos meses, es decir noviembre (54.8% menos que el promedio anual en noviembre) y diciembre (76.6% menos que el promedio anual en diciembre), lo que produjo una estación seca prematura para 1983.

Con respecto a la duración de las lluvias, gran parte de ellas resultan de una actividad convectiva donde la distribución en área es limitada. Sin embargo, las tormentas que producen crecidas resultan de actividades frontales y convectivas que en combinación se extienden sobre toda el área en general. La duración usual de un período de lluvia durante una tormenta convectiva es de algunas horas, aunque la cantidad de lluvia sea considerablemente alto. La lluvia causada por una tormenta de tipo frontal es de baja densidad pero de larga duración.

Las máximas intensidades de lluvia en períodos seleccionados de tiempo se dan en la siguiente tabla No.5.12.

TABLA No'5.12

| Período de tiempo | Hora y fecha que comenzó | Intensidad | Localización |
|---|---|---|---|
| 15 minutos | 14:00 mayo 22, 1981 | 1.8 pulgadas | Est. N' 1 |
| 30 minutos | 14:30 mayo 27, 1981 | 2.8 pulgadas | Est. N' 2 |
| 1 hora | 10:45 mayo 22, 1981 | 4.5 pulgadas | Est. N' 1 |
| 2 horas | 10:00 mayo 22, 1981 | 4.8 pulgadas | Est. N' 1 |
| 24 horas | 04:15 diciembre 13, 1981 | 9.5 pulgadas | Est. N' 6 |

MAXIMAS INTENSIDADES DE LLUVIAS

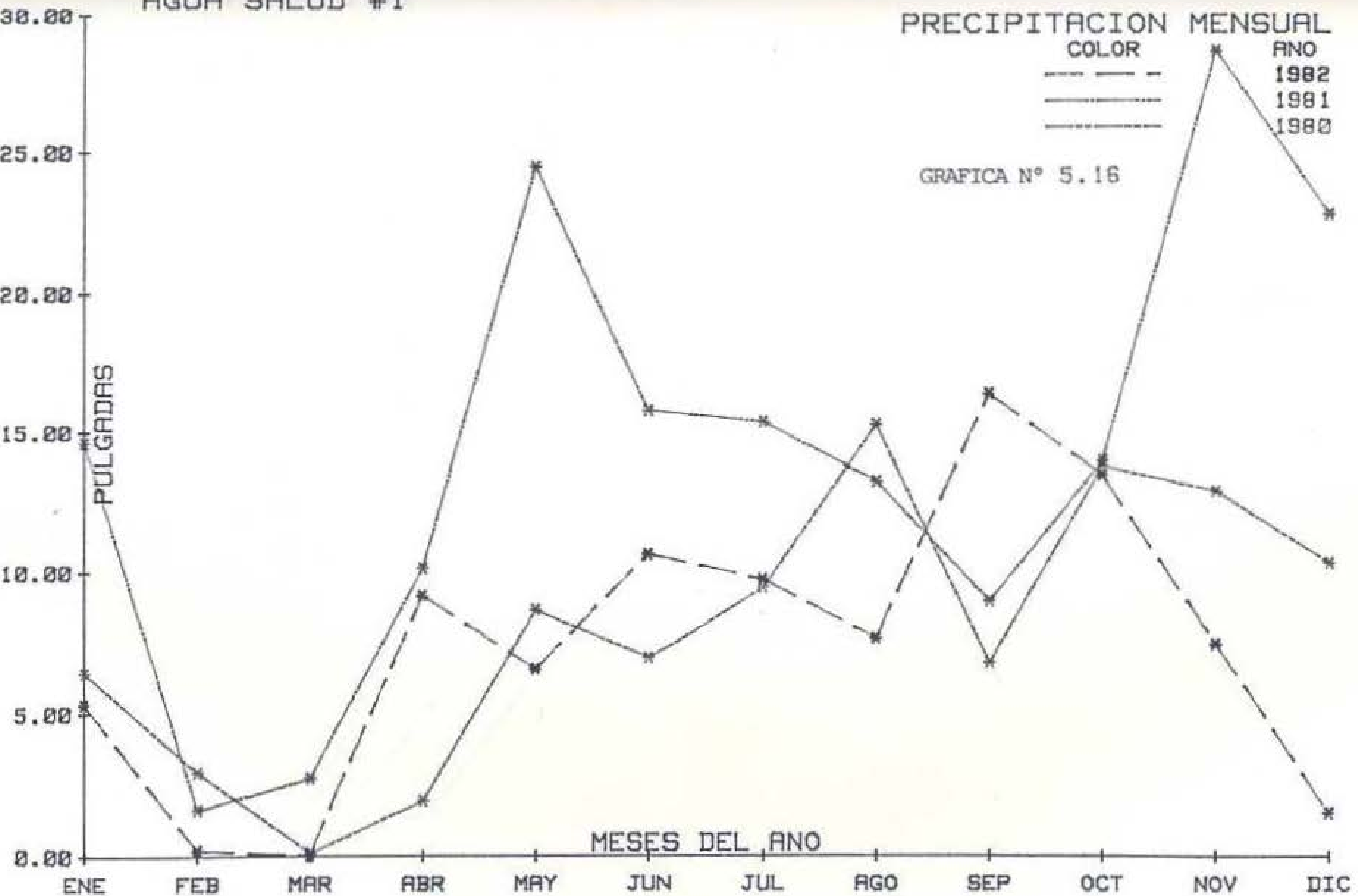
La mayor intensidad de una tormenta se obtuvo en dos ocasiones

| Comienzo y final | Comportamiento (minutos) | | | | | | | | Estación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15 | 30 | 45 | 60 | 120 | 150 | 180 | | |
| 08:45 a 11:45 mayo 22, 1981 | 1.8 | 2.6 | 3.7 | 4.5 | 4.8 | 4.8 | 4.8 | pulg. | N'1 |
| 07:30 a 11:00 dic. 13, 1981 | 0.9 | 1.8 | 2.2 | 2.8 | 3.8 | 4.7 | 5.6 | pulg. | N'6 |

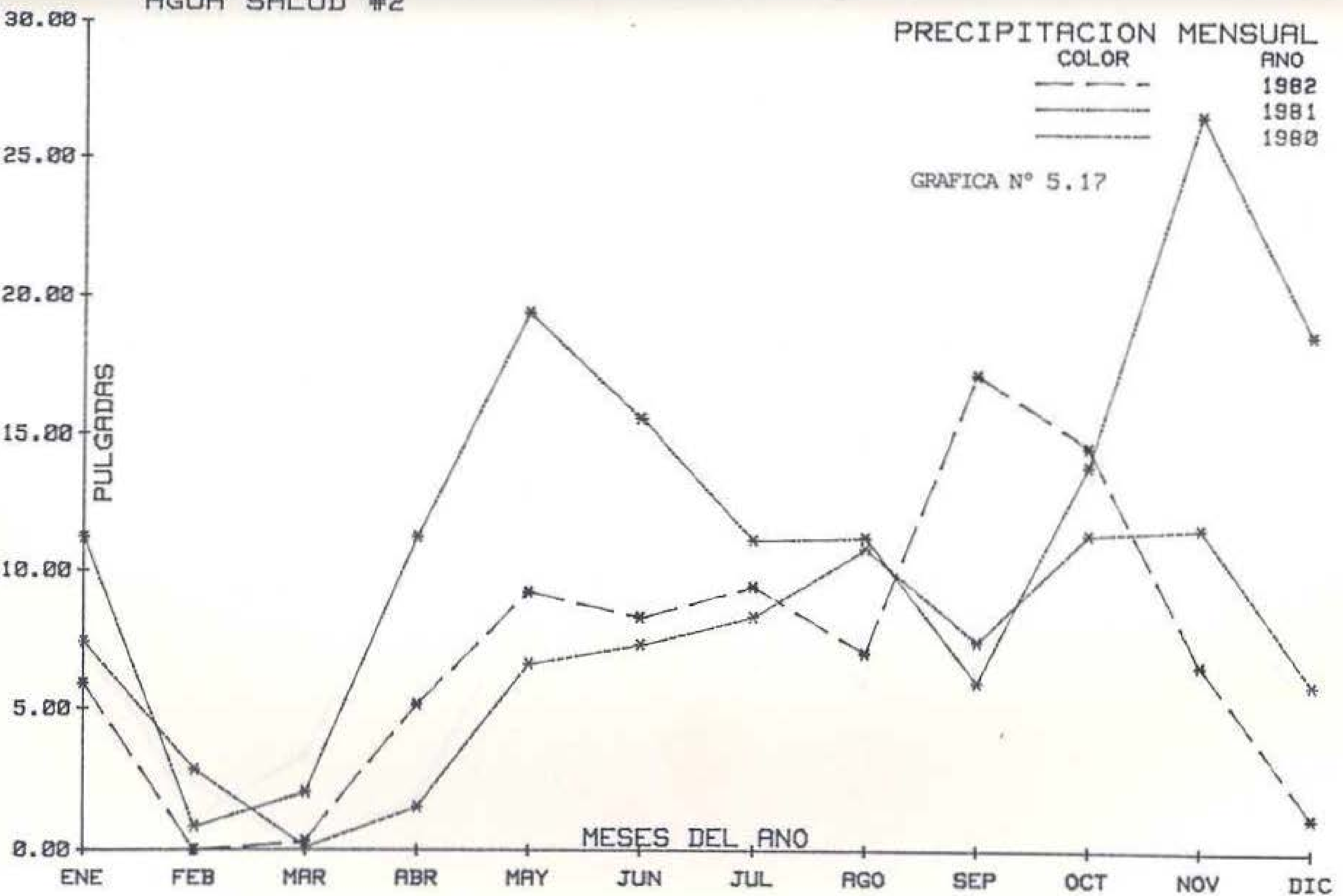
El mes más lluvioso (28.6 pulgadas) y con la mayor cantidad de días con lluvia (20) se registró en la estación No.1 en noviembre de 1981.

Son muchos los que suponen que los montes aumentan o distribuyen mejor las precipitaciones en vastas zonas. Se trata de uno de los problemas más debatidos y todavía sin resolver. Aun excluyendo otros muchos factores, algunos quizá no del todo comprendidos que pueden influir en las lluvia, no parece lógico atribuir al monte una influencia tan amplia, cuando su influencia local es tan insignificante. Los resultados obtenidos en nuestra cuenca experimental no arrojan ninguna conclusión definitiva a este complejo tema, tomando los promedios de lluvias y analizando nuestras estaciones en regiones forestadas y deforestadas notamos que existe una precipitación balanceada en ambas regiones. Esto se debe principalmente a que el régimen pluviométrico está determinado principalmente por las condiciones atmosféricas que fluctuan en las grandes masas de agua, en nuestro caso y en el de la cuenca del Canal de Panamá serán dadas por las condiciones del oceano Pacífico y el mar Caribe, es decir, el monte no representa aquí más que un elemento secundario que posee influencia principalmente en su microclima, el cual regula directamente las condiciones del suelo, la transformación de la materia orgánica y en el régimen hídrico del terreno.

Otro factor que influye en la distribución de las lluvias es el de los relieves montuosos. La cuenca del Río Agua Salud presenta una mayor cantidad de precipitación en las áreas más bajas, fenómeno que puede ser fácilmente explicado luego de analizar el predominio de los vientos del noroeste y la ubicación de las estaciones pluviométricas en el costado de la cadena montañosa a sotavento. Este punto se explicó en detalle en el capítulo II.



AGUA SALUD #1
PRECIPITACION MENSUAL
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.16
PULGADAS
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


AGUA SALUD #2
PRECIPITACION MENSUAL
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.17
PULGADAS
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

AGUA SALUD #3

PRECIPITACION MENSUAL

| COLOR | ANO |
| --- | --- |
| - - - - | 1982 |
| ——— | 1981 |
| ——— | 1980 |



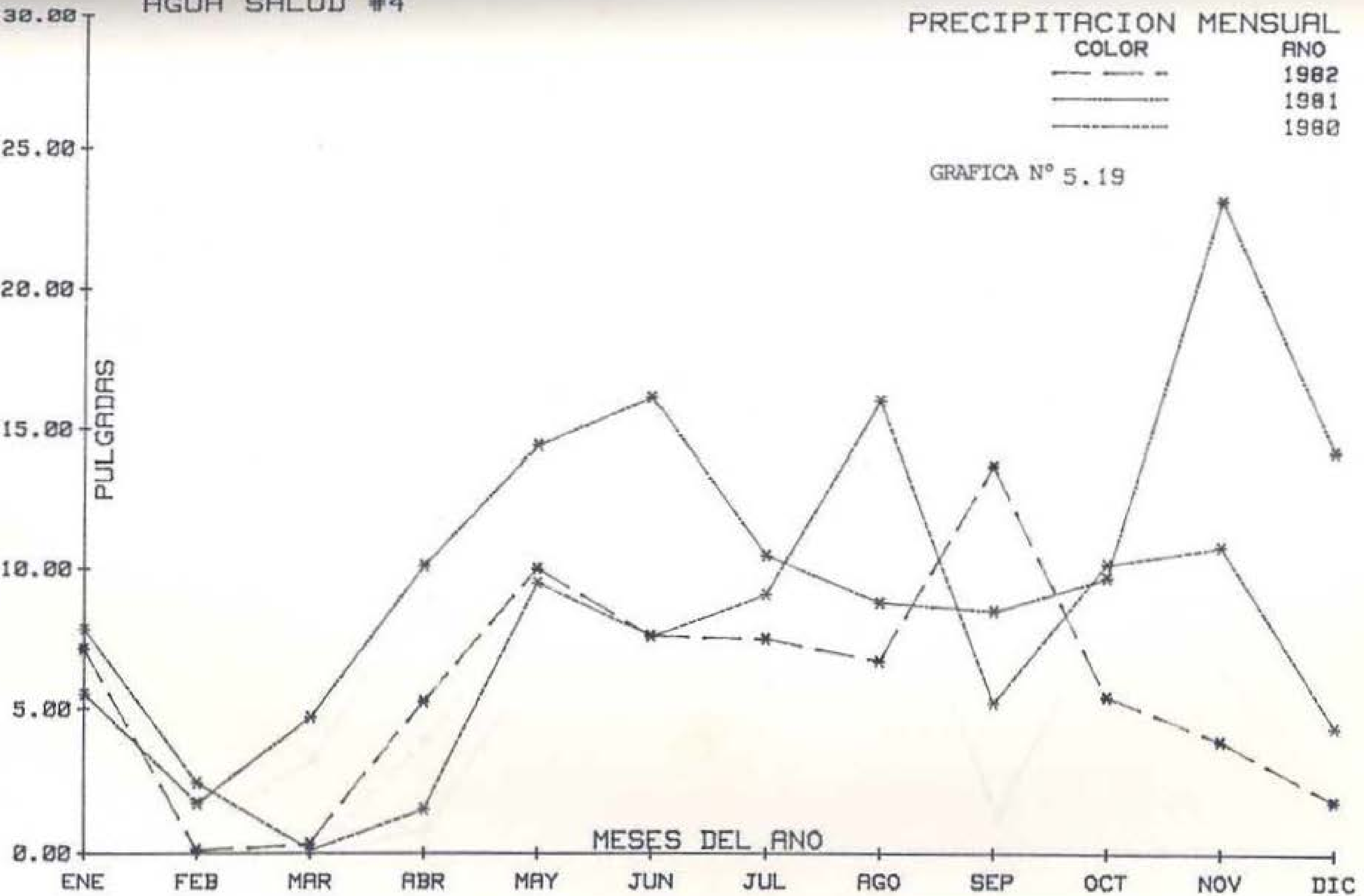
GRAFICA N° 5.18

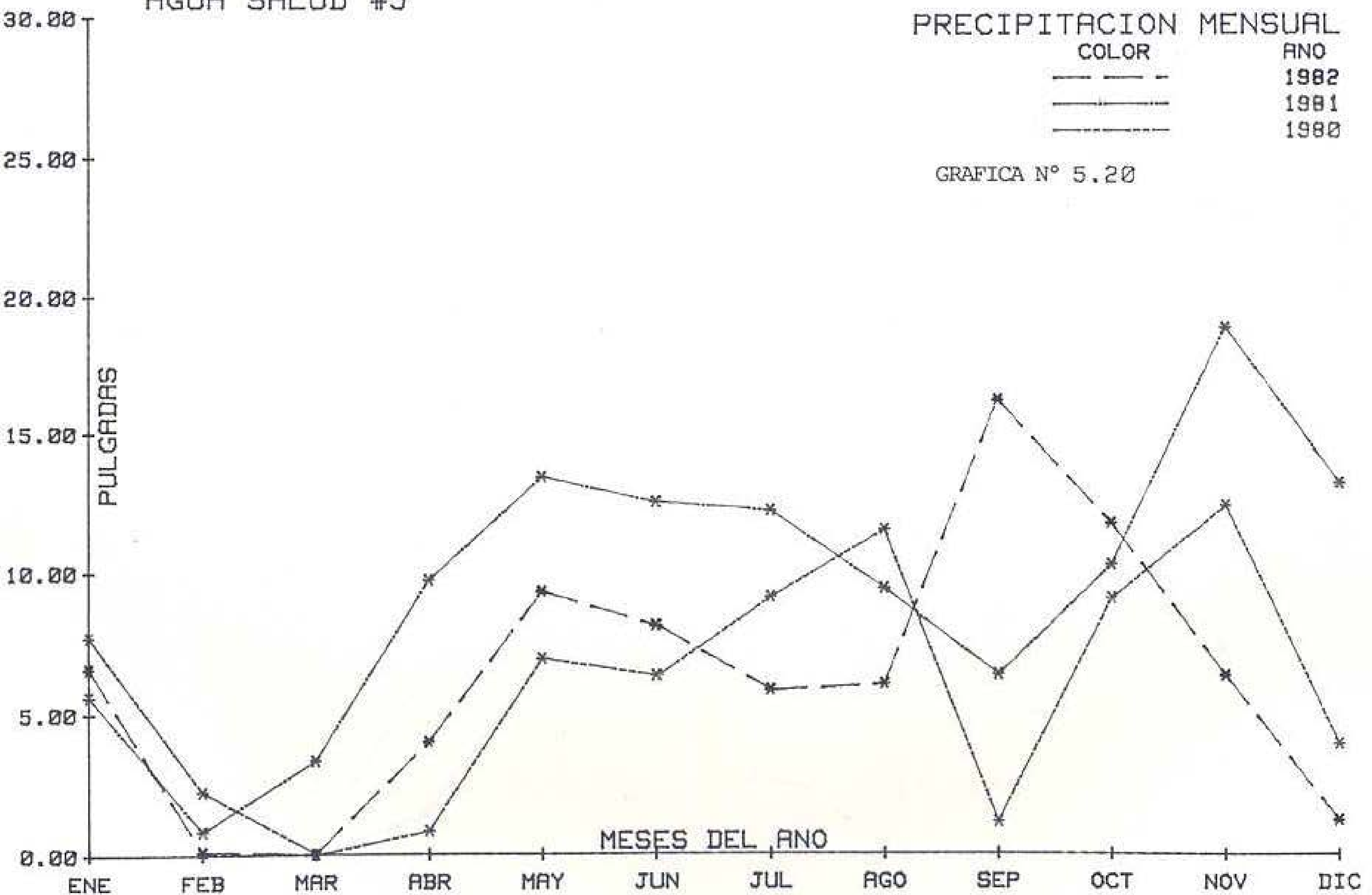
PULGADAS

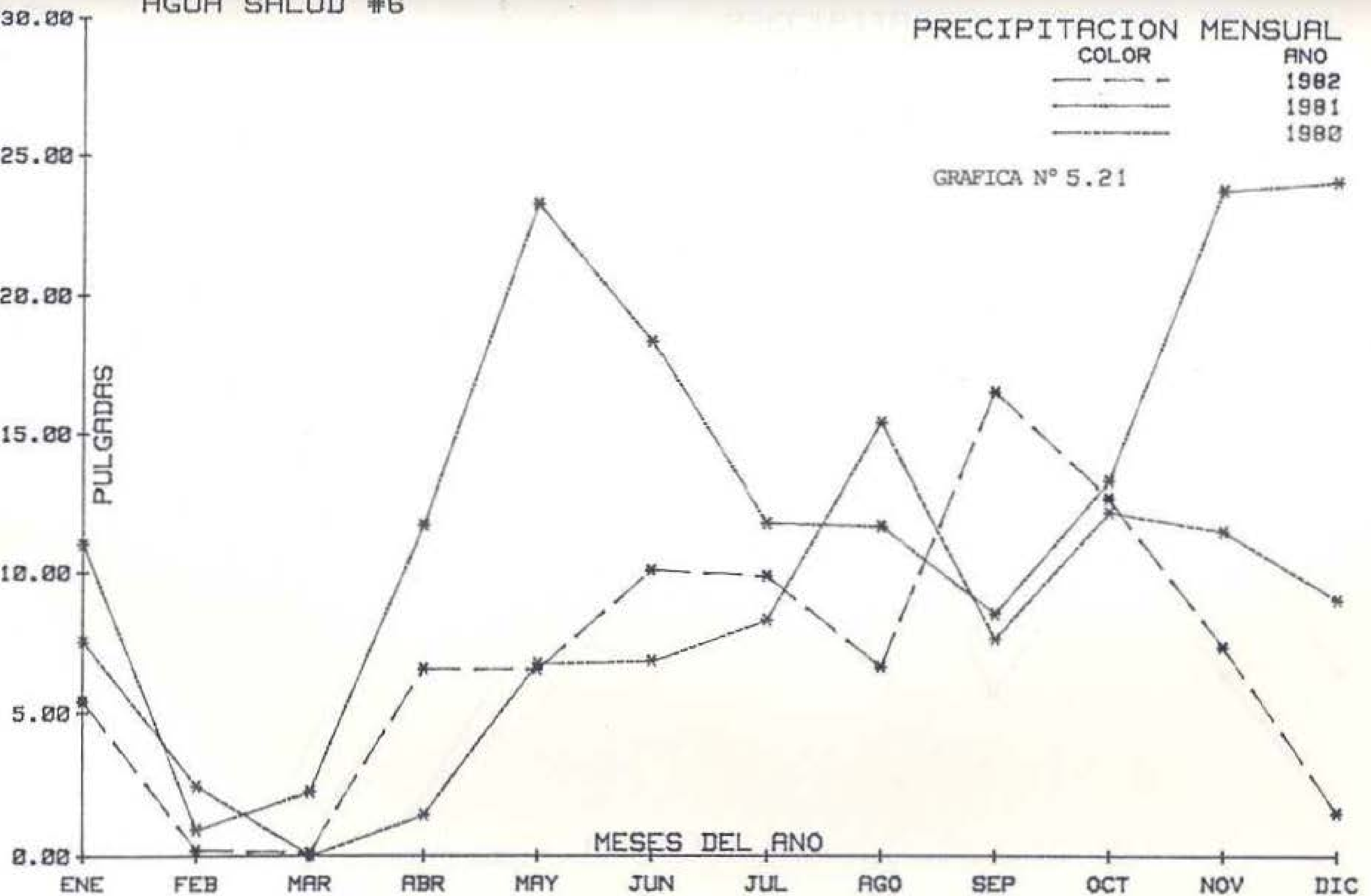
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00

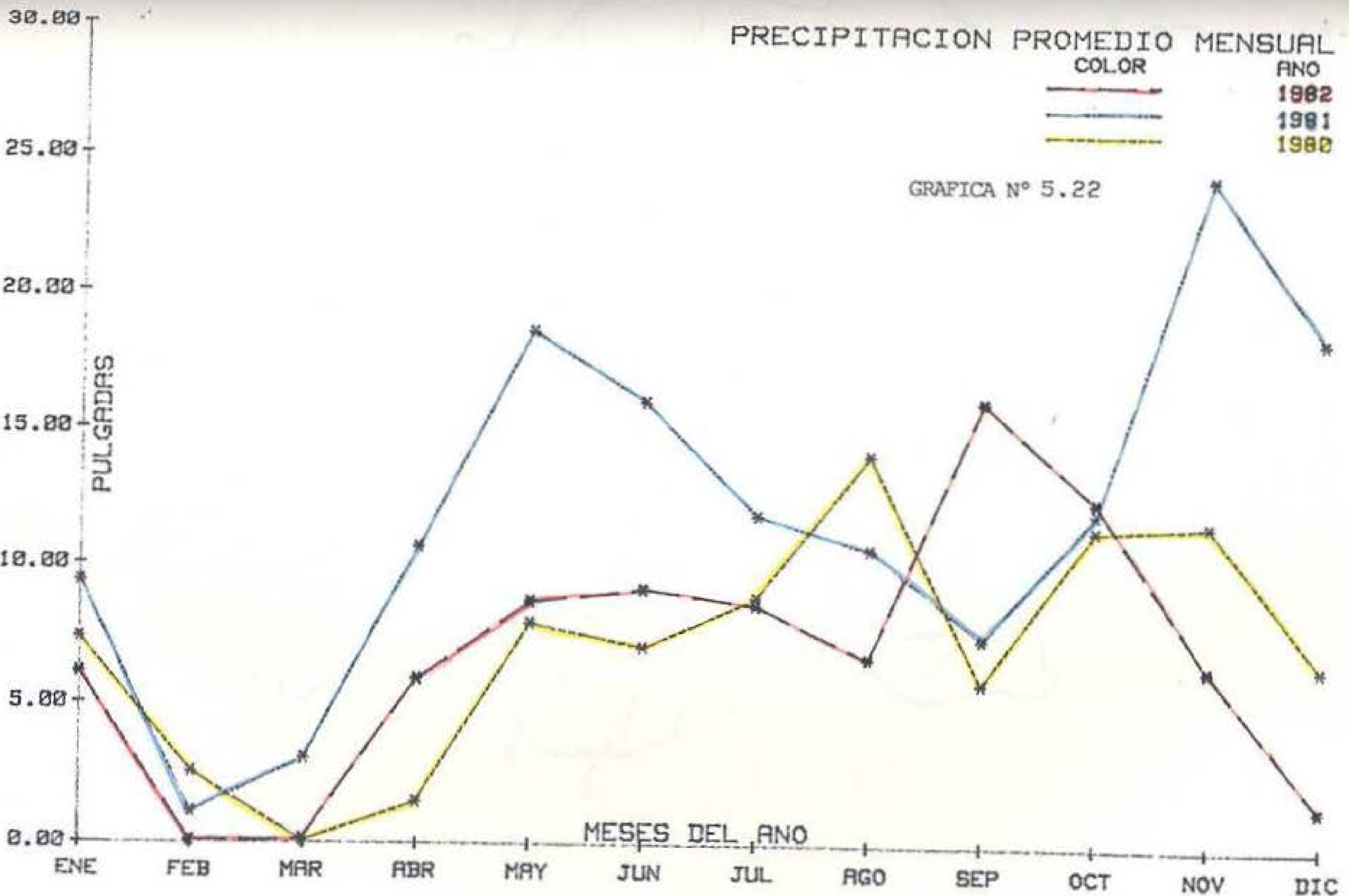
MESES DEL ANO

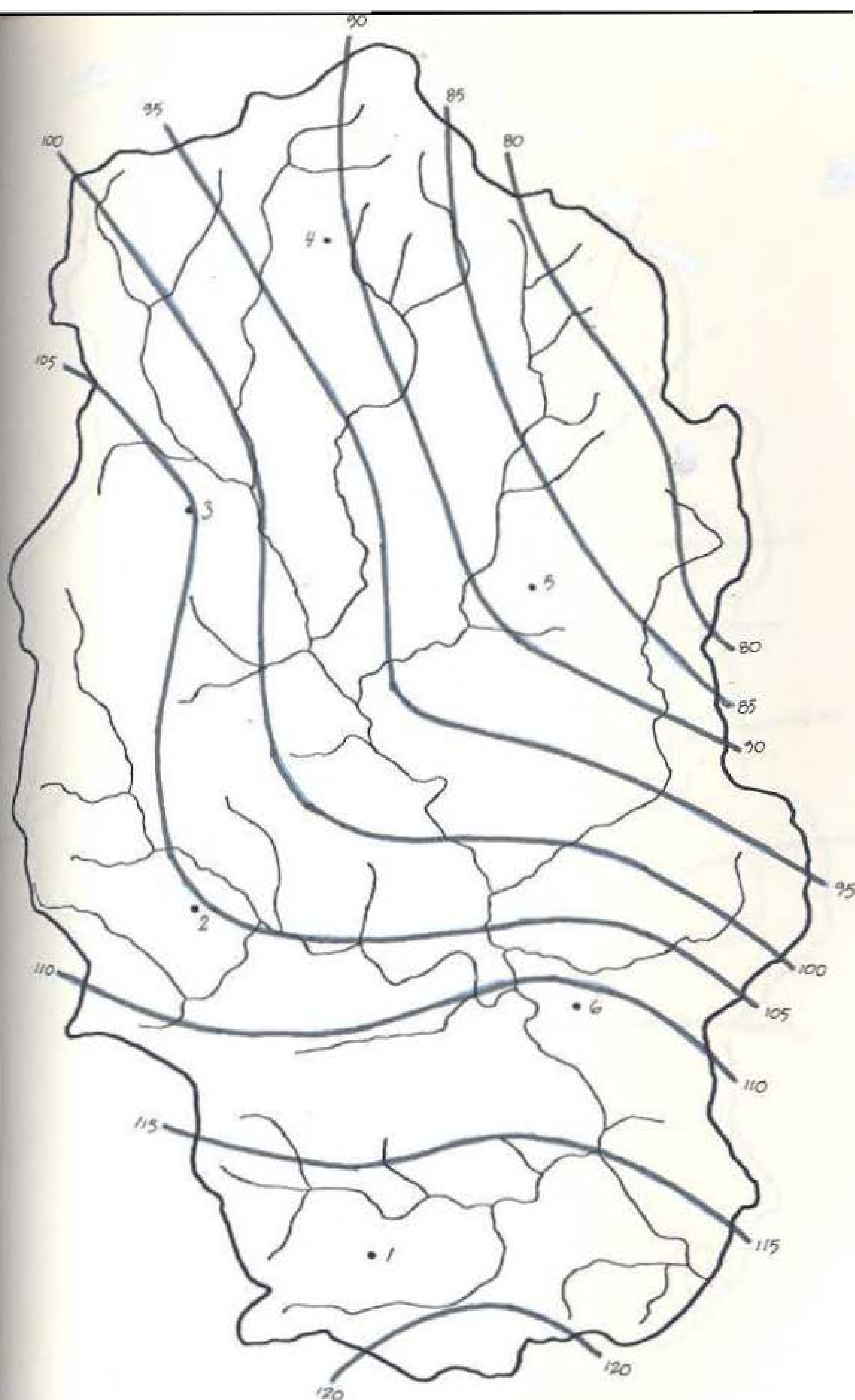
ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC


AGUA SALUD #4
PRECIPITACION MENSUAL
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.19
PULGADAS
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


AGUA SALUD #5
PRECIPITACION MENSUAL
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.20
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
PULGADAS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


AGUA SALUD #6
PRECIPITACION MENSUAL
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.21
PULGADAS
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

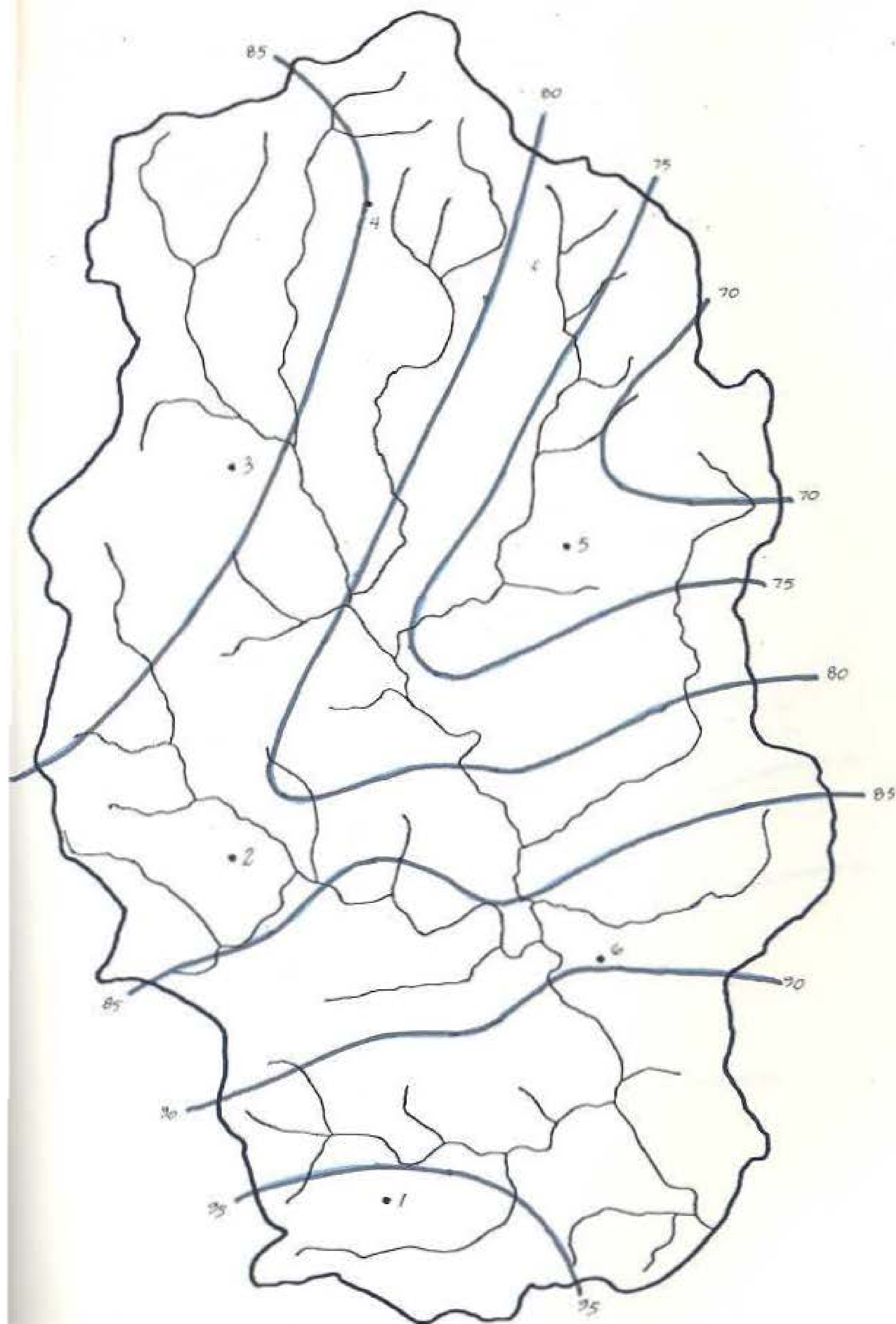

PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.22
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
PULGADAS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC




DISTRIBUCION PROMEDIO DE PRECIPITACION

1980 - 1982

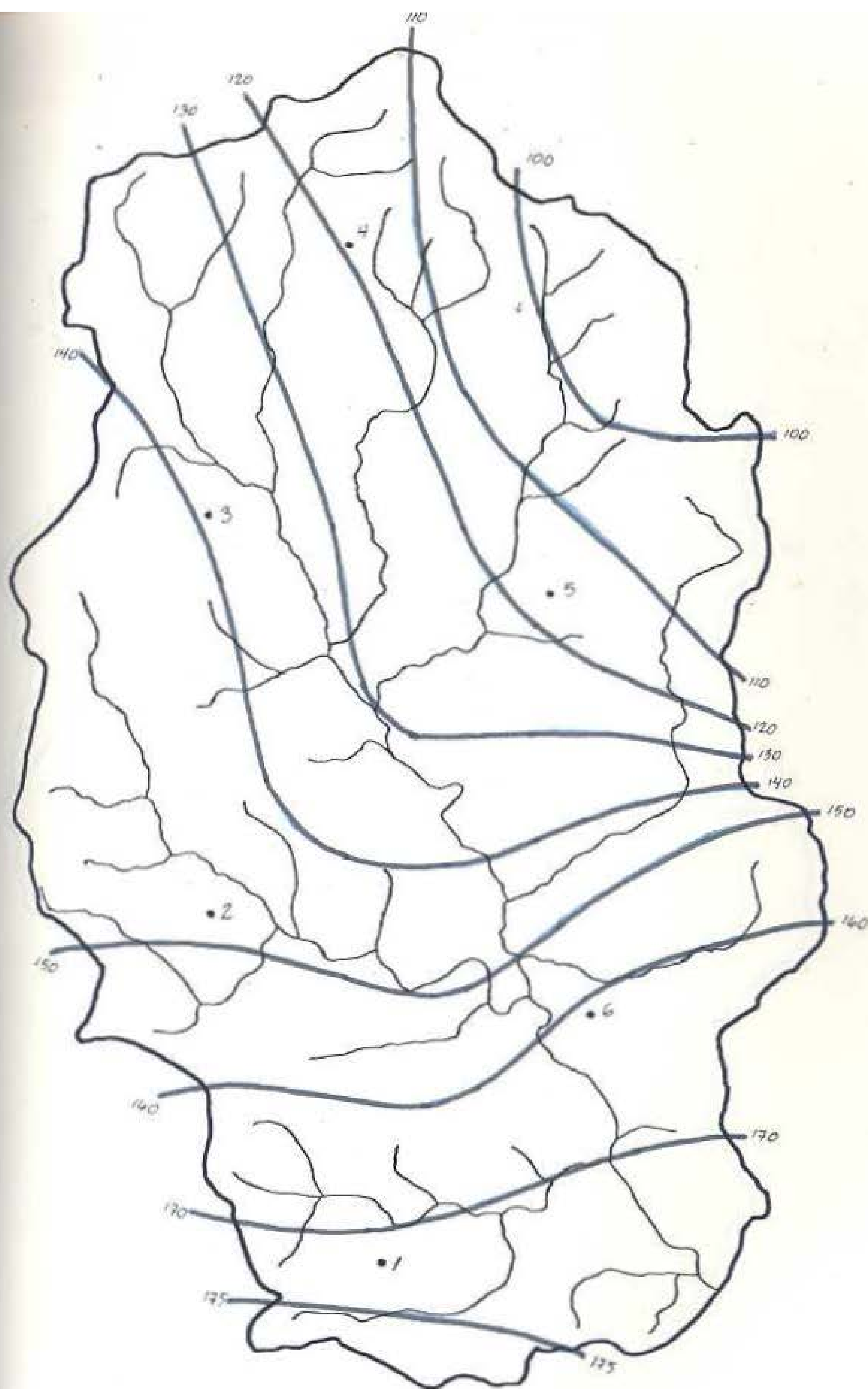
FIGURA N° 5.1




DISTRIBUCION PROMEDIO DE PRECIPITACION

1980

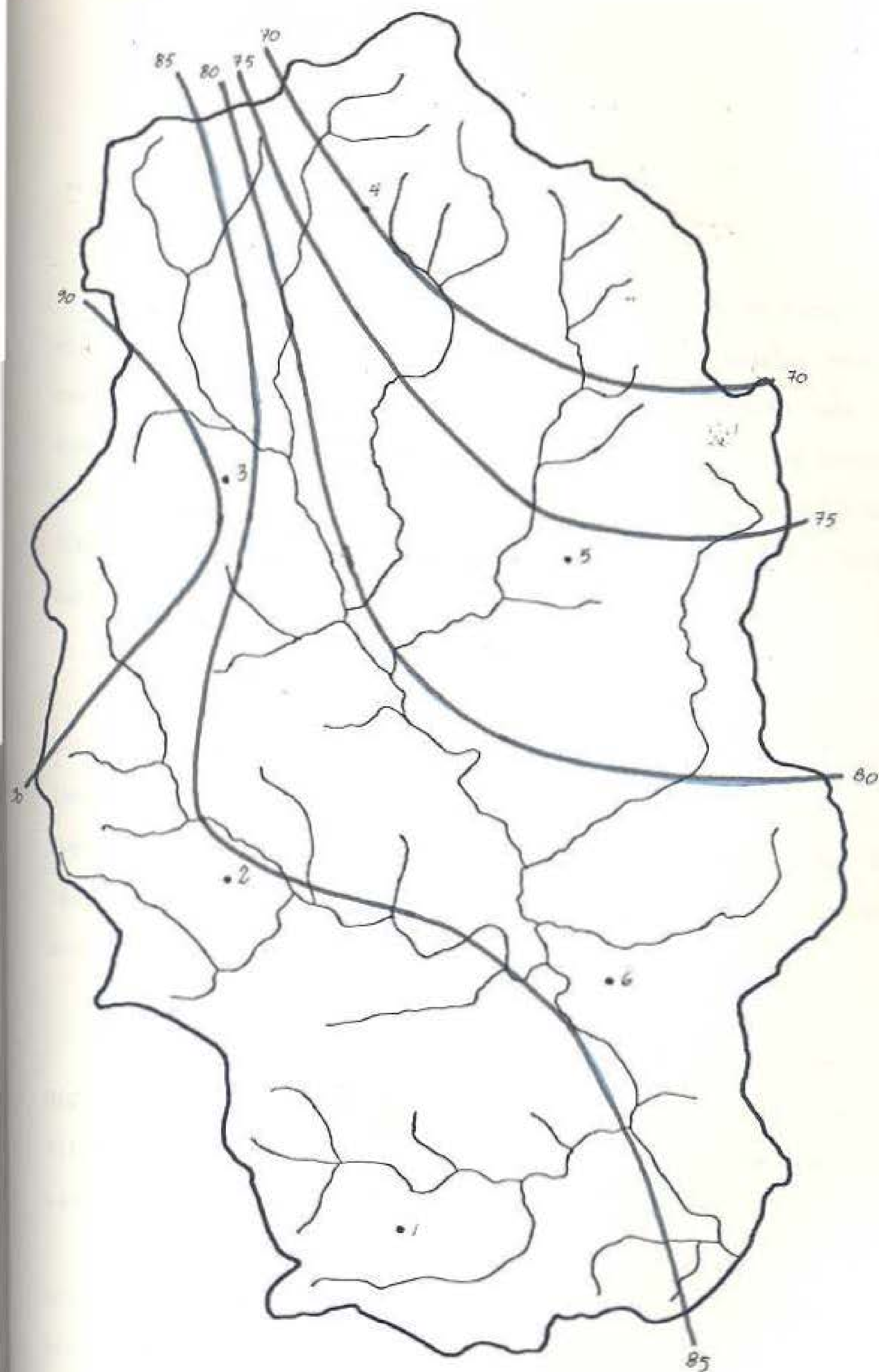
FIGURA N° 5.2




DISTRIBUCION PROMEDIO DE PRECIPITACION

1981

FIGURA N° 5.3




DISTRIBUCION PROMEDIO DE PRECIPITACION

1982

FIGURA N° 5.4

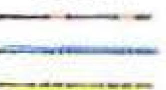
## G. RADIACION SOLAR

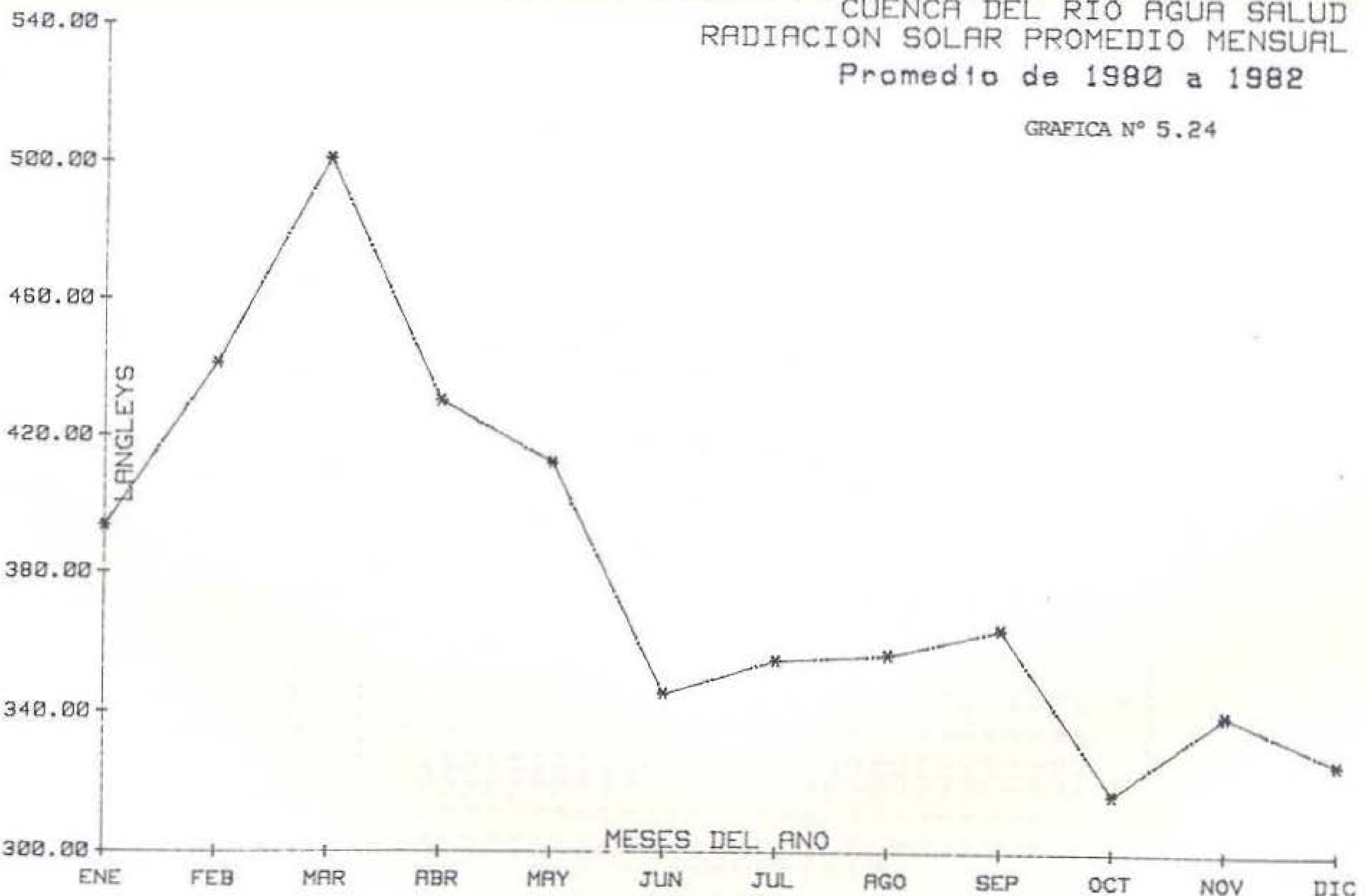
Las curvas sobre la radiación solar para cada año se encuentran en la gráfica No.5.23, pudiéndose notar un comportamiento similar para todo el período tratado. Excepción es 1982 donde se aprecia una excesiva radiación solar durante noviembre y diciembre. La radiación promedio para estos 3 años es de 381.90 langleys, fluctuando desde un promedio mínimo de 316.4 langleys en octubre hasta un promedio máximo de 500.9 langleys en marzo (gráfica No.5.24).

Un análisis año por año nos muestra un promedio máximo mensual de 541.7 langleys para marzo de 1981 y un promedio mínimo mensual de 264.0 langleys para diciembre del mismo año. El promedio mensual máximo por año fue en 1981 con 384.8 langleys seguido muy estrechamente por 1981 con 381.0 langleys y 1980 con 379.0 langleys, lo que nos muestra una variación anual máxima de sólo 1.51%.

Los valores extremos durante períodos de un día se dieron en las siguientes ocasiones: la máxima radiación fue el 19 de marzo de 1981 con 711.3 langleys, el mínimo fue el 26 de septiembre de 1980 con 25.8 langleys.

Revisando las tablas adjuntas No.5.13 al No.5.15 se puede ver que el mes de diciembre de 1980 obtuvo la mayor cantidad de días con radiaciones menores de 100 langleys, para ser exactos cinco días, sin embargo, fue diciembre de 1981 el que obtuvo el menor promedio diario por mes.


RADIACION SOLAR
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.23
LANGLEYS
600.00
580.00
560.00
540.00
520.00
500.00
480.00
460.00
440.00
420.00
400.00
380.00
360.00
340.00
320.00
300.00
280.00
260.00
240.00
220.00
200.00
180.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


CUENCA DEL RIO AGUA SALUD
RADIACION SOLAR PROMEDIO MENSUAL
Promedio de 1980 a 1982
GRAFICA N° 5.24
540.00
500.00
460.00
420.00
380.00
340.00
300.00
LANGLEYS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

RADIACION SOLAR (LANGLEYS)

1980

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40.7 | 451.9 | 557.6 | 457.7 | 454.8 | 337.8 | 305.1 | 305.1 | 289.4 | 254.9 | 69.5 | 44.9 | |
| 94.7 | 448.1 | 563.3 | 316.8 | 448.3 | 570.4 | 419.1 | 419.1 | 219.3 | 78.8 | 221.7 | 473.4 | |
| 86.2 | 535.8 | 527.0 | 509.4 | 514.1 | 520.4 | 400.8 | 400.8 | 564.9 | 468.2 | 397.4 | 489.7 | |
| 88.2 | 407.7 | 557.1 | 519.3 | 464.4 | 393.9 | 321.1 | 321.1 | 454.6 | 358.6 | 415.9 | 47.8 | |
| 429.7 | 201.8 | 519.6 | 503.5 | 232.9 | 249.8 | 293.4 | 293.4 | 471.3 | 146.4 | 291.0 | 215.0 | |
| 394.7 | 303.3 | 507.0 | 439.8 | 170.1 | 214.4 | 515.1 | 515.1 | 207.1 | 452.2 | 389.4 | 329.3 | |
| 462.7 | 174.0 | 535.9 | 470.9 | 161.5 | 101.4 | 338.4 | 338.4 | 326.3 | 297.4 | 339.1 | 368.9 | |
| 371.8 | 527.8 | 436.0 | 479.5 | 263.5 | 428.9 | 415.4 | 415.4 | 356.6 | 300.3 | 349.7 | 315.8 | |
| 394.7 | 271.3 | 502.7 | 622.2 | 562.1 | 232.4 | 439.7 | 439.7 | 545.2 | . | 322.4 | 277.0 | |
| 376.9 | 520.7 | 390.8 | 619.8 | 413.1 | 298.1 | 550.4 | 550.4 | 449.7 | . | 388.4 | 38.5 | 1 |
| 416.2 | 534.8 | 367.1 | 536.8 | 456.3 | 278.7 | 542.9 | 542.9 | 134.2 | 527.9 | 257.9 | 434.3 | 1 |
| 445.7 | 471.8 | 440.1 | 586.6 | 396.5 | 324.2 | 488.4 | 488.4 | 516.6 | 474.0 | 356.2 | 69.6 | 1 |
| 503.8 | 424.0 | 448.6 | 602.9 | 276.3 | 551.1 | 563.8 | 563.8 | 471.4 | 426.8 | 220.4 | 36.7 | 1 |
| 467.4 | 403.2 | 475.0 | 547.7 | 467.8 | 416.5 | 425.6 | 425.6 | 511.7 | 353.0 | 336.0 | 428.1 | 1 |
| 338.1 | 346.7 | 397.3 | 508.7 | 517.5 | 497.0 | 391.7 | 391.7 | 386.1 | 151.7 | 285.4 | 155.6 | 1 |
| 470.2 | 492.6 | 422.4 | 529.3 | 566.0 | 316.1 | 117.0 | 117.0 | 393.5 | 49.9 | 620.7 | 302.4 | 1 |
| 442.2 | . | 510.9 | 368.6 | 449.7 | 424.6 | 426.3 | 426.3 | 566.6 | 424.8 | 573.1 | 168.0 | 1 |
| 255.0 | . | 502.3 | 275.2 | 221.8 | 423.8 | 556.7 | 556.7 | 212.9 | 72.0 | 462.9 | 247.7 | 1 |
| 395.8 | . | 569.1 | 313.8 | 530.9 | 226.6 | 259.3 | 259.3 | 70.5 | 562.0 | 488.1 | 358.1 | 1 |
| 356.1 | 518.3 | 558.7 | 397.2 | 295.4 | 352.5 | 371.5 | 371.5 | 44.2 | 299.0 | 584.1 | 356.7 | 2 |
| 437.7 | 493.8 | 561.9 | 342.3 | 279.4 | 524.7 | . | . | 126.0 | 632.5 | 323.4 | 363.2 | 2 |
| 417.0 | 520.2 | 598.9 | 143.6 | 164.0 | 398.0 | . | . | 549.3 | 179.8 | 136.6 | 91.7 | 2 |
| 360.4 | 567.9 | 575.5 | 420.5 | 343.1 | 242.8 | . | . | 548.3 | 226.3 | 240.3 | 385.4 | 2 |
| 254.6 | 536.0 | 560.6 | 177.5 | 502.6 | 453.3 | 460.1 | 460.1 | 566.8 | 313.9 | 153.6 | 474.9 | 2 |
| 306.8 | 517.3 | 502.2 | 413.7 | 414.2 | 338.0 | 489.4 | 489.4 | 597.5 | 455.6 | 100.8 | 433.5 | 2 |
| 465.3 | 399.0 | 562.2 | 345.0 | 542.8 | 329.8 | 359.9 | 359.9 | 25.8 | 104.9 | 395.6 | 581.7 | 2 |
| 410.7 | 566.0 | 412.8 | 346.9 | 522.5 | 231.2 | 286.2 | 286.2 | 47.5 | 101.3 | 180.1 | 463.9 | 2 |
| 489.8 | 518.1 | 469.9 | 468.7 | 392.4 | 466.0 | 161.4 | 161.4 | 460.6 | 351.4 | 253.8 | 164.5 | 2 |
| 452.4 | 514.3 | 328.5 | 533.0 | 427.0 | 308.2 | 192.6 | 192.6 | 473.7 | 228.4 | 267.1 | 314.1 | 2 |
| 309.0 | . | 433.8 | 526.9 | 377.0 | 470.9 | 271.2 | 271.2 | 548.6 | 116.1 | 73.3 | 455.7 | 3 |
| 431.0 | . | 534.3 | . | 335.1 | . | 343.4 | 343.4 | . | 155.9 | . | 323.3 | 3 |

PROMEDIO

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 370.5 | 448.7 | 494.5 | 444.1 | 392.4 | 364.1 | 382.4 | 382.4 | 371.2 | 295.3 | 316.5 | 297.1 |

TABLA N' 5.13

## RADIACION SOLAR (LANGLEYS)

1981

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 543.4 | 180.3 | 637.5 | 566.3 | 439.4 | 246.4 | 487.9 | 271.1 | 397.3 | 403.5 | 388.0 | 336.1 | |
| 294.2 | 542.7 | 431.7 | 628.0 | 475.4 | 153.5 | 551.9 | 396.6 | 561.5 | 325.1 | 625.1 | 385.2 | |
| 361.4 | 547.5 | 652.7 | 565.0 | 469.5 | 285.0 | 186.6 | 231.4 | 358.3 | 270.0 | 386.6 | 292.7 | |
| 490.7 | 552.7 | 650.5 | 708.5 | 300.8 | 345.0 | 204.7 | 307.2 | 435.3 | 287.3 | 426.6 | 266.1 | |
| 362.5 | 631.3 | 442.5 | 492.3 | 563.0 | 525.3 | 469.9 | 198.2 | 507.0 | 204.9 | 427.7 | 130.4 | |
| 645.9 | 603.6 | 166.6 | 601.4 | 514.1 | 302.6 | 581.0 | 396.0 | 192.1 | 400.4 | 274.1 | 368.3 | |
| 463.4 | 491.9 | 494.9 | 501.7 | 470.1 | 147.6 | 456.8 | 219.5 | 244.0 | 83.7 | 183.5 | 287.0 | |
| 280.3 | 587.4 | 649.9 | 578.8 | 307.4 | 170.0 | 286.1 | 333.4 | 346.6 | . | 256.3 | 215.8 | |
| 521.2 | 516.4 | 285.3 | 592.3 | 545.5 | 390.4 | 289.1 | 293.1 | 414.8 | . | 358.3 | 169.2 | |
| 577.0 | 568.4 | 400.6 | 644.6 | 462.5 | 534.5 | 351.0 | 287.0 | 218.2 | 276.8 | 242.6 | 166.6 | 1 |
| 628.7 | 453.4 | 470.7 | 688.9 | 325.5 | 484.8 | 335.0 | 415.8 | 324.7 | 375.2 | 86.5 | 144.1 | 1 |
| 305.6 | 471.0 | 593.6 | 679.2 | 282.8 | 242.3 | 389.1 | 210.1 | 303.3 | 130.5 | 225.3 | 129.2 | 1 |
| 372.1 | 470.6 | 636.7 | 309.6 | 479.9 | 273.8 | 394.7 | 278.3 | 578.1 | 565.5 | 352.9 | 76.9 | 1 |
| 420.1 | 464.8 | 409.0 | 423.5 | 85.8 | 418.9 | 417.6 | 502.2 | 341.3 | 241.9 | 383.9 | 208.1 | 1 |
| 286.7 | 461.8 | 634.9 | 242.1 | 47.7 | 479.2 | 334.9 | 437.5 | 434.8 | 393.0 | 66.0 | 234.2 | 1 |
| 449.3 | 378.4 | 579.1 | 331.1 | 431.2 | 104.5 | 145.6 | 442.8 | 182.0 | 328.7 | 290.7 | 289.5 | 1 |
| 623.3 | 447.6 | 680.9 | 349.9 | 368.8 | 377.8 | 385.9 | 537.2 | 322.2 | 373.9 | 350.1 | 341.1 | 1 |
| 406.5 | 467.4 | 651.6 | 159.2 | 365.2 | 386.6 | 226.6 | 309.5 | 458.0 | 278.5 | 326.4 | 357.2 | 1 |
| 397.7 | 457.3 | 711.3 | 228.1 | 374.2 | 315.2 | 450.1 | 382.2 | 344.0 | 295.0 | 291.1 | 279.2 | 1 |
| 567.8 | 283.6 | 548.5 | 247.9 | 620.1 | 582.4 | 397.0 | 149.6 | 439.5 | 503.9 | 281.4 | 167.8 | 2 |
| 482.3 | 492.6 | 427.8 | 525.4 | 657.6 | 490.6 | 320.3 | 170.7 | 400.4 | 339.0 | 221.1 | 167.9 | 2 |
| 406.1 | 477.0 | 683.5 | 391.9 | 142.8 | 214.9 | 500.8 | 432.6 | 463.8 | 187.6 | 267.9 | 390.0 | 2 |
| 253.5 | 307.1 | 598.4 | 296.8 | 199.2 | 411.6 | 477.1 | 476.1 | 516.1 | 324.6 | 319.9 | 151.4 | 2 |
| 405.9 | 335.6 | 582.5 | 253.3 | 360.1 | 370.0 | 444.2 | 331.7 | 341.9 | 511.2 | 387.7 | 370.7 | 2 |
| 478.0 | 491.5 | 449.3 | 234.3 | 558.4 | 159.9 | 318.8 | 328.8 | 473.4 | 447.2 | 233.9 | 372.7 | 2 |
| 462.8 | 533.3 | 547.0 | 122.6 | 452.0 | 437.5 | 359.9 | 514.1 | 375.1 | 484.2 | 257.6 | 387.8 | 2 |
| 365.4 | 298.5 | 542.8 | 146.2 | 592.3 | 225.0 | 365.2 | 352.8 | 232.2 | 308.4 | 225.1 | 292.5 | 2 |
| 412.5 | 443.0 | 590.1 | 212.3 | 307.9 | 226.4 | 250.6 | 516.9 | 108.0 | 435.0 | 319.8 | 364.1 | 2 |
| 353.8 | . | 353.3 | 431.9 | 394.8 | 238.6 | 273.6 | 398.7 | 375.2 | 417.0 | 300.1 | 237.1 | 2 |
| 427.4 | . | 635.9 | 548.4 | 423.1 | 286.7 | 313.5 | 199.1 | 286.6 | 340.1 | 305.0 | 307.4 | 3 |
| 338.0 | . | 654.9 | . | 406.5 | . | 328.1 | 522.4 | 522.4 | 219.0 | 219.0 | 297.4 | 3 |

PROMEDIO

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 431.7 | 462.7 | 541.7 | 423.4 | 400.8 | 327.6 | 364.3 | 349.8 | 370.9 | 336.2 | 299.4 | 264.0 |

TABLA N' 5.14

## RADIACION SOLAR (LANGLEYS)

1982

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 354.3 | 308.4 | 308.2 | 570.1 | 427.2 | 466.2 | 320.9 | 464.3 | 265.9 | 468.5 | 427.6 | 426.1 | |
| 309.2 | 462.5 | 405.8 | 496.6 | 387.7 | 231.4 | 186.0 | 249.6 | 425.2 | 296.6 | 347.8 | 442.6 | |
| 232.9 | 469.0 | 389.5 | 518.2 | 481.0 | 564.5 | 193.8 | 320.7 | 249.9 | 228.4 | 384.9 | 370.7 | |
| 234.5 | 444.0 | 549.3 | 508.1 | 373.6 | 456.8 | 200.2 | 465.5 | 252.3 | 391.5 | 460.9 | 486.4 | |
| 257.0 | 409.7 | 531.2 | 346.3 | 564.6 | 168.0 | 332.9 | 524.4 | 395.5 | 355.7 | 373.9 | 333.9 | |
| 218.6 | 342.5 | 502.5 | 545.3 | 470.4 | 412.5 | 131.4 | 363.1 | 154.0 | 312.6 | 466.2 | . | |
| 394.2 | 378.8 | 485.1 | 512.4 | 518.6 | 403.6 | 385.9 | 234.9 | 255.6 | 155.1 | 498.5 | 381.3 | |
| 378.5 | 393.6 | 495.3 | 529.9 | 340.0 | 362.0 | 325.1 | 204.3 | 187.4 | 341.4 | 441.4 | 382.4 | |
| 455.3 | 474.5 | 479.1 | 363.0 | 299.8 | 161.9 | 489.2 | 475.8 | 340.5 | 482.2 | 392.4 | 356.7 | |
| 422.9 | 408.2 | 432.0 | 81.9 | 322.4 | 404.3 | 524.2 | 448.4 | 278.9 | 365.6 | 379.8 | 490.8 | 1 |
| 435.9 | 385.6 | 460.8 | 528.2 | 189.9 | 385.1 | 411.3 | 260.9 | 389.2 | 403.3 | 138.7 | 403.4 | 1 |
| 275.3 | 418.7 | 408.8 | 83.2 | 477.1 | 432.7 | 132.4 | 284.9 | 380.6 | 297.2 | 264.6 | 459.1 | 1 |
| 315.7 | 421.3 | 499.8 | 382.3 | 510.9 | 426.2 | 372.0 | 296.8 | 457.4 | 392.0 | 512.4 | 434.6 | 1 |
| 319.4 | 440.5 | 513.6 | 442.1 | 589.9 | 435.2 | 476.8 | 287.3 | 413.2 | 396.2 | 277.7 | 393.4 | 1 |
| 394.1 | 453.4 | 440.2 | 326.5 | 589.2 | 281.2 | 488.0 | 403.8 | 472.9 | 177.7 | 430.6 | 451.8 | 1 |
| 277.9 | 370.0 | 561.4 | 510.7 | 642.5 | 333.9 | 412.8 | 272.9 | 225.8 | 245.9 | 450.4 | 337.7 | 1 |
| 222.1 | 265.1 | 508.9 | 502.8 | 584.0 | 255.7 | 337.9 | 270.9 | 349.4 | 191.0 | 475.2 | 379.6 | 1 |
| 419.0 | 447.1 | 413.4 | 482.4 | 596.5 | 430.6 | 186.6 | 411.1 | 403.2 | 298.2 | 503.1 | 414.8 | 1 |
| 454.1 | 453.0 | 469.4 | 479.7 | 196.4 | 273.6 | 43.4 | 329.7 | 395.6 | 258.0 | 421.8 | 529.3 | 1 |
| 443.6 | 347.2 | 549.0 | 553.5 | 382.8 | 275.9 | 423.9 | 457.3 | . | 86.9 | 430.8 | 445.4 | 2 |
| 447.7 | 410.3 | 488.6 | 382.7 | 433.1 | 455.3 | 416.0 | 184.5 | 226.1 | 435.7 | 462.9 | 363.6 | 2 |
| 441.6 | 523.8 | 376.8 | 245.4 | 466.6 | 464.9 | 424.2 | 276.6 | 529.9 | 317.8 | 475.9 | 435.3 | 2 |
| 476.5 | 430.5 | 553.0 | 348.5 | 516.3 | 249.1 | 257.2 | 438.8 | 322.2 | 316.2 | 524.3 | 395.0 | 2 |
| 425.6 | 374.6 | 349.0 | 397.9 | 283.7 | 210.3 | 371.5 | 346.7 | 161.6 | 364.3 | 445.1 | 430.9 | 2 |
| 453.8 | 404.5 | 457.6 | 417.1 | 367.9 | 298.9 | 280.0 | 450.5 | 166.5 | 327.3 | 176.2 | 477.2 | 2 |
| 429.3 | 489.2 | 473.2 | 520.4 | 402.2 | 322.2 | 114.5 | 385.3 | 545.4 | 293.4 | 155.9 | 500.2 | 2 |
| 292.4 | 388.2 | 546.3 | 482.9 | 509.7 | 156.9 | 208.3 | 413.6 | 562.6 | 281.5 | 301.1 | 413.4 | 2 |
| 486.9 | 424.8 | 549.4 | 476.1 | 572.1 | 324.8 | 330.6 | 76.4 | 513.6 | 381.9 | 520.2 | 487.4 | 2 |
| 477.5 | . | 316.2 | 273.9 | 374.1 | 266.9 | 371.7 | 297.0 | 369.4 | 168.4 | 464.0 | 497.7 | 2 |
| 496.4 | . | 444.7 | 421.3 | 384.9 | 472.8 | 377.2 | 489.4 | 498.5 | 418.3 | 441.8 | 435.7 | 3 |
| 468.4 | . | 504.4 | . | 536.9 | . | 404.1 | 134.5 | . | 400.9 | . | 120.0 | 3 |

PROMEDIO

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 377.8 | 412.1 | 466.5 | 424.3 | 444.9 | 346.1 | 320.3 | 339.4 | 351.3 | 317.7 | 401.5 | 415.9 |

TABLA N' 5.15

## J. SEDIMENTACION

### EROSION Y PRODUCCION DE SEDIMENTO DEBIDO AL USO DE LA TIERRA Y EL DECLIVE EN LA VERTIENTE DEL CANAL DE PANAMA

SINOPSIS: El flujo de la vertiente del lago Alahuela provee el 40% del agua para las operaciones del Canal de Panamá. La tala de árboles en la vertiente para el cultivo acelera la erosión y la sedimentación en la reserva de Alahuela. Un análisis periódico de investigaciones hechas en la reserva (por la Compañía del Canal) indica que la rata de sedimentación desde 1973-1978 es 2.8 más que los años anteriores. La producción de sedimentos en los 642 mi. cuadradas de la vertiente con la vegetación silvestre (1934-1973) era de 145 pies cúbicos por acre por año.

Con sólo el 18% de la vertiente limpia, la rata ha aumentado a 400 pies cúbicos por acre al año. La producción de sedimento por acre está estimada por 4 clases de declives y 7 tipos de usos de la tierra; ambos presentados, recomendados y verificados generalmente por comparación a la producción de sedimentos en la vertiente observada.

INTRODUCCION: Cuando se terminó el lago Alahuela en 1935, la reserva del lago tenía un almacenaje total de 28250 millones de pies cúbicos y un almacenaje activo de 21600 millones de pies cúbicos. Este último valor es cerca de la afluencia anual. Observaciones visuales durante el período en que el nivel de agua es más bajo han indicado que una cantidad significativa de depósito sedimentario ha estado ocurriendo durante algún tiempo en ambos lagos.

Afortunadamente, la Compañía del Canal de Panamá ha hecho sondeos en lugares seleccionados en el lago Alahuela periódicamente comenzando en 1923 (gráfica No.5.25 a No.31). En 1975, un hidrólogo de la Compañía del Canal, estimó que un 5% de la reserva activa del lago Alahuela se había perdido por sedimentos. Al mismo tiempo, había un creciente sentimiento de que la rata de sedimentación del lago Alahuela estaba aumentando rápidamente.

La tala de la foresta y los sedimentos de la vertiente eran insignificantes hasta el principio de los años 70 donde comenzó a acelerarse. Una extensa deforestación y sedimentación ocurrieron más temprano que en otras partes de la vertiente del Canal, excepto en el llamada Zona del Canal, la cual estaba siendo protegida.

A principios de 1978, la U.S.A.I.D. de Panamá reunió un equipo para preparar un proyecto en la vertiente en conjunto con el Gobierno de Panamá. Se escogieron 3 vertientes para el proyecto de 5 años, dirigido por el Gobierno de Panamá; la vertiente del Canal fue de primordial importancia.

Uno de los principales objetivos del proyecto es el de proteger las demás vertientes del desgaste o la erosión.

El objetivo de este plan es presentar los principales hallazgos hechos en varios estudios, concernientes a la producción de sedimentos de la vertiente del lago Alahuela afectada por el uso de la tierra y el declive.

El análisis está basado en medidas de sedimentos acumulados, hecho por la Compañía del Canal de Panamá, antes y después de la deforestación de las selvas.

Medidas específicas para controlar la erosión en la vertiente de Alahuela son incluidas en el anteproyecto, pero éstas están fuera de nuestro interés sobre el tema. Las mismas incluye reforestación, cuidado del pasto, control de erosión correctiva, control de uso de la tierra y otras medidas.

LA VERTIENTE DEL LAGO ALAHUELA

El lago Alahuela y su vertiente se extienden del noreste del Canal, de la parte continental cerca de la Ciudad de Panamá y de otra parte a 9.4 o 18.8 mi. de la costa del Caribe. Las corrientes principales que desembocan en la reserva son: El Chagres, Pequení, Boquerón y el Río Indio. La precipitación pluvial anual en la vertiente del lago Alahuela es de 111.89" y el flujo anual es 89.53". Las lluvias varían de 88.0" por la parte sur de la vertiente a unas 133.86" en la parte norte cerca del Caribe. Las lluvias ocurren principalmente en el período comprendido entre mediados de abril y mediados de diciembre.

La vertiente del lago Alahuela se caracteriza por una topografía elevada. Tiene un sistema de drenaje altamente desarrollado, con angostos valles y altos e irregulares declives. Se usarán 4 clases de declives para describir el terreno de la vertiente (979 km cuadrados), como se muestra en la tabla No.5.16. La distribución de los declives es sorprendente: 92.4 % de la vertiente tiene declives excediendo el 45 %.

Afortunadamente, la mayoría de la vertiente (82% en 1978) aun posee vegetación. Las áreas de terreno pastorizado, abandonado y cultivado en las tablas adjuntas son 7%, 10% y 1.6% respectivamente con respecto al área de la vertiente. Desafortunadamente la deforestación no ha sido limitada a los declives moderados. En total 33,100 acres de tierra en el 45% de la categoría de declive ha sido deforestada y sólo la mitad de ésta ha sido re-cultivado o pastorizado.

La tala era llevada a cabo por los colonizadores, usando la técnica de "cortar y quemar". Después de 2 años de cultivo, la tierra se convierte en pasto o sencillamente queda abandonada debido a la pérdida de fertilidad. El pasto, del cual se quema la hierba al final de la temporada seca, es maltratado dejando el suelo temporalmente expuesto a la erosión. En los declives más elevados aparecen abandonadas las tierras después de casi 5 años de pastoreo. La tierra abandonada está bien vegetada con re-crecimiento de diversas hierbas, incluyendo ciertas especies y árboles no comestibles.

Los suelos de las vertientes son por lo general de barro rojo, variando en profundidad y con una ligera capa de humus derivado de la foresta silvestre que cubría virtualmente la vertiente. Se han detallado mapas y descripciones de suelo por RENARE. Los suelos de barro rojo son moderadamente resistentes a la erosión, pero se desgastan invariablemente sin la protección de la vegetación y con la ayuda de las lluvias, especialmente en los declives más altos.

El suelo tiende a ser bastante profundo. A menudo ocurren deslices en las áreas más afectadas, éstos son más comunes en los lugares donde haya habido tala de árboles. En algunas casos estos deslices van a dar directamente a corrientes canalizadas. Sin embargo, la vertiente tiene pocos canales, pero debido a la elevada topografía, éstos contribuyen a la erosión. Las urbanizaciones aun no han llegado a la vertiente pero están ocurriendo en áreas cercanas.

## RATA DE ACUMULACION DE SEDIMENTOS

En 1957 la Compañía del Canal de Panamá inició sondeos de sedimentación en el Lago Alahuela. Se establecieron 5 líneas en el lago para este propósito y 2 líneas adicionales en 1973.

Elevaciones de sedimentos de la superficie fueron medidas en 50 pies de intervalo entre estas líneas en 1957, 1972-73, 1975 y 1978. Las elevaciones del fondo originales fueron tomadas de encuestas topográficas hechas antes de la construcción de la presa de Madden.

Para los propósitos de determinar las profundidades de sedimento en el área del lago, la reserva fue dividida en 7 sub-áreas (figura No.5.5); cada una representada por una de las secciones en cruz del fondo. Estas áreas varían de 2.4% a 36.7% del área del lago, ya que varias de las líneas estaban sobre angostos brazos del lago y relativamente pocas están sobre las porciones más anchas y más profundas. Líneas adicionales fueron establecidas en 1978 para reducir este desbalance.

La información, así como también las observaciones visuales, muestran que las deltas formadas en las porciones angostas y de poca profundidad del lago, en las desembocaduras de los tributarios están llenas de sedimentos desde 1973, otras desde mucho antes. A veces, algunos de estos viejos sedimentos son llevados a las partes más profundas del lago junto con sedimentos nuevos. Las profundidades de sedimentos varían de 3 pies en las áreas profundas a 9-18 pies en las áreas de los deltas.

Acumulación de sedimentos profundos, pesados, representando volúmenes de sedimentos, fueron calculados para cada período entre cada sondeo. De estos valores, se determinaron ratas de acumulación de sedimentos. Los valores del segundo período parece tener una rata más baja que el primero, probablemente debido a la consolidación del sedimento depositado anteriormente. La rata de acumulación de sedimento aumentó durante los años '70 como se esperaba cuando la tala de árboles se hizo significativa. La rata más baja durante 1975-1978, comparada con el período precedente, puede ser atribuida a precipitaciones y corrientes bajas en 1976 y 1977.

La precipitación pluvial y las corrientes para el período de dos años fue sólo de 78% y 66% respectivamente de las cantidades normales.

Ya que la deforestación fue insignificante hasta cerca de 1970, los dos primeros períodos fueron combinados. Los dos últimos períodos, siendo bastante cortos, se combinaron también (tabla No.5.17).

La segunda rata, 2.9" por año, se aplica al uso corriente del terreno, pero siendo un período corto con varios años más bien secos, necesita ser ajustado para lluvias sub-normales, obteniendo un valor para lluvias anuales normales. Para el período de 5 años (1973-1978), la corriente anual fue de 20.4% debajo del promedio del período más largo. Así, la rata arriba mencionada se divide por .796 dando una rata de sedimentación "normal" de 3.6" por año para la reserva con el uso de terreno más corriente.

Las ratas de acumulación de sedimentos, arriba mencionadas, aplicadas al área de la reserva de 11 millas cuadradas dan el volumen anual de sedimentación para los 2 períodos. Los valores resultantes se muestran en la tabla siguiente.

| | |
|---|---|
| 1934-1973 | $3.31 \times 10^7$ pies cúbicos por año |
| 1973-1978 | $9.16 \times 10^7$ pies cúbicos por año |

El valor actual parece ser de 2.77 veces el valor anterior a la tala de bosques. Más sorprendente aun es el hecho de que este aumento (177%) fue el resultado de la deforestación en sólo una pequeña parte de la vertiente. De la tabla notamos que 44,000 acres han sido deforestados, lo cual es el 18.2% del área. Así, la erosión y la sedimentación se multiplicarán muchas veces si la deforestación continúa en el mismo nivel.

Hasta 1978, la sedimentación había reducido la capacidad de almacenaje del lago Alahuela hasta el 94.1% de su valor original. Aunque esta reducción no es un gran porcentaje (5.9%), el almacenaje de agua en el Canal de Panamá es ya inadecuado, afectando las operaciones del Canal; futuras pérdidas de almacenaje podrían tener serios efectos, asumiendo que la deforestación continuara indefinidamente en la rata actual y que la acumulación de sedimentos aumente proporcionalmente. Se hicieron proyectos de futuros desechos acumulativos en el almacenaje total como se muestra como sigue:

| | |
|---|---|
| Año 2000 | 22.6% |
| Año 2020 | 46.1% |
| Año 2040 | 81.3% |

No se ha hecho ningún intento de convertir los valores de la tabla de sedimentos a valores reales de erosión, debido a que se requiriría el estimado de éstos para la vertiente del lago Alahuela y con muy pocas bases para hacerlo.

Usando los valores en la tabla No.5.18, los cálculos de sedimentos para toda la vertiente pueden compararse con los valores observados en los períodos de pre-desarrollo y del presente (tabla No.5.19). Para el primer período, se presumió que la vertiente estaba forestada completamente. Aunque hubo alguna tala para finales de este período, esto parece ser una buena hipótesis.

Para ambos períodos, el área en cada clase de declive se encuentra en la tabla No.5.16, también el área para cada uso del terreno para el presente período. Estas últimas tablas muestran los valores de 1978, los cuales se asumió que eran aplicables a todo el período de 1973-1978.

El sedimento total calculado para el período de pre-desarrollo está bastante cercano al valor observado (2%) y para el presente período (8%). Ambos valores tienen un margen de error y deben tomarse en cuenta para los estimados de sedimentos para una vertiente en particular.

Los valores de sedimentación dados en la tabla No.5.19 fueron adaptados para el estudio y eran considerablemente aplicables a la región, incluyendo otras porciones de la vertiente del Canal.

La producción total de sedimentos para la foresta permanece bastante alta (tabla No.5.19), en compararación al área de pasto, ya que posee una mayor área de terreno y el resultado es diferente. Vemos que la foresta ocupa ahora el 82% del área de la vertiente, pero produce sólo el 33% de los sedimentos.

Por otro lado, las zonas cultivadas, comprenden sólo el 9% del área de la vertiente y produce el 58% de sedimentos. Esto nos ilustra nuevamente el potencial de grandes aumentos en la producción de sedimentos en el futuro si no se planea un programa de prevención de la deforestación en la vertiente.

TABLA N°5.16

DISTRIBUCION DE PENDIENTES SEGUN EL USO DE LAS TIERRAS

AREA EN HECTAREAS

| USO DE LA TIERRA | 0-8% | 8-20% | 20-45% | más de 45% | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Foresta Nativa | 741 | 1482 | 5189 | 190500 | 198000 |
| Abandonada | 1482 | 0 | 2965 | 19000 | 23500 |
| Cultivada | 247 | 0 | 494 | 3212 | 3950 |
| Pastos | 0 | 4942 | 741 | 10872 | 16560 |
| TOTAL | 2470 | 6420 | 9390 | 223600 | 242000 |
| PORCENTAJE | 1.0 | 2.7 | 3.9 | 92.4 | 100 |

TABLA N°5.17

PROFUNDIDAD DE LAS ACUMULACIONES DE SEDIMENTOS EN EL LAGO ALAHUELA

| PERIODO (AÑOS) | ACUMULACION DE SEDIMENTO ( cm ) | NUMERO DE AÑOS | RATA DE ACUMULACION (cm/año) |
|---|---|---|---|
| 1934-1957 | 34.0 | 23.0 | 1.48 |
| 1957-1973 | 17.0 | 15.9 | 1.07 |
| 1973-1975 | 7.0 | 2.1 | 3.33 |
| 1975-1978 | 7.5 | 3.0 | 2.50 |
| Total | 65.5 | 44.0 | - |

TABLA N°5.18

PRODUCCION ESTIMADA DE SEDIMENTOS POR UNIDAD DE AREA PARA LA CUENCA DEL LAGO ALAHUELA DE ACUERDO A LAS PENDIENTES Y USOS DE LAS TIERRAS

| | PENDIENTES DE LAS TIERRAS | | | |
|---|---|---|---|---|
| USOS DE LAS TIERRAS | 0-8% | 8-20% | 20-45% | 45% |
| Cosechas anuales, sin control de erosión | 80 | 160 | 230 | 300 |
| Cosechas anuales con control de erosión | 25 | 50 | 70 | 90 |
| Cosechas perennes | 20 | 40 | 60 | 80 |
| Pastoreo natural | 30 | 60 | 100 | 150 |
| Pastoreo improvisado | 6 | 13 | 20 | 27 |
| Foresta Comercial o tierras no usadas | 5 | 10 | 16 | 27 |
| Foresta nativa | 3 | 6 | 8 | 10 |

TABLA N°5.19

PRODUCCION DE SEDIMENTOS

EN LA CUENCA DEL LAGO ALAJUELA PARA EL PERIODO

1934-1973 Y EL PERIODO 1973-1978

| | PRODUCCION DE SEDIMENTOS ( M X 10(3))/Año) | | PORCENTAJE DEL TOTAL ( % ) | |
|---|---|---|---|---|
| Uso de las tierras | 1934-73 | 1973-78 | Sedimentos | Area |
| Foresta nativa | 33650 | 26900 | 35 | 82 |
| Abandonada | - | 6744 | 9 | 10 |
| Cultivada | - | 15678 | 20 | 2 |
| Pastoreo | - | 28600 | 36 | 7 |
| Total | 33650 | 77922 | 100 | 100 |
| Observada | 33100 | 91600 | - | - |

SECCIONES TRANSVERSALES EN EL LAGO ALHAJUELA

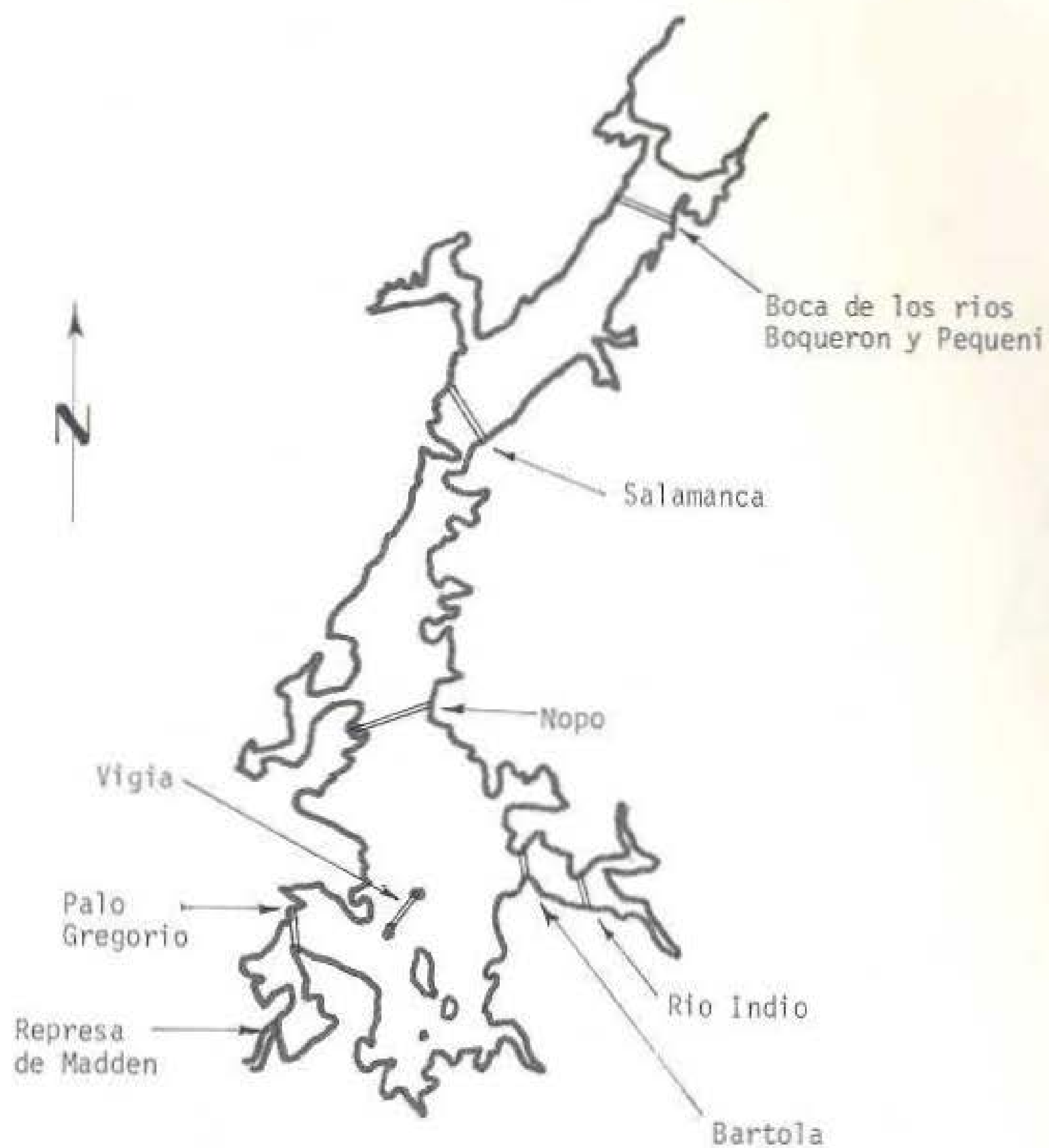
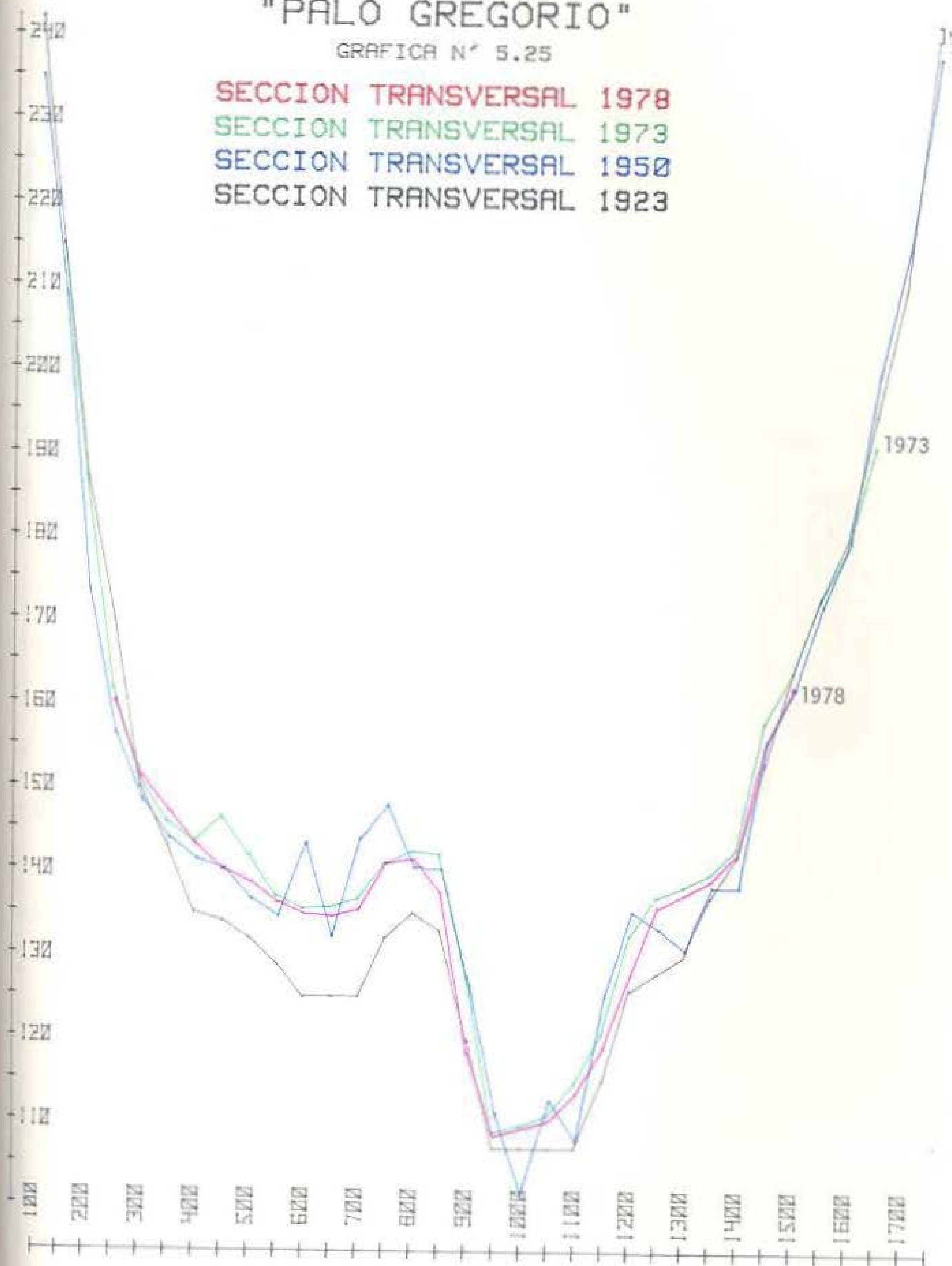
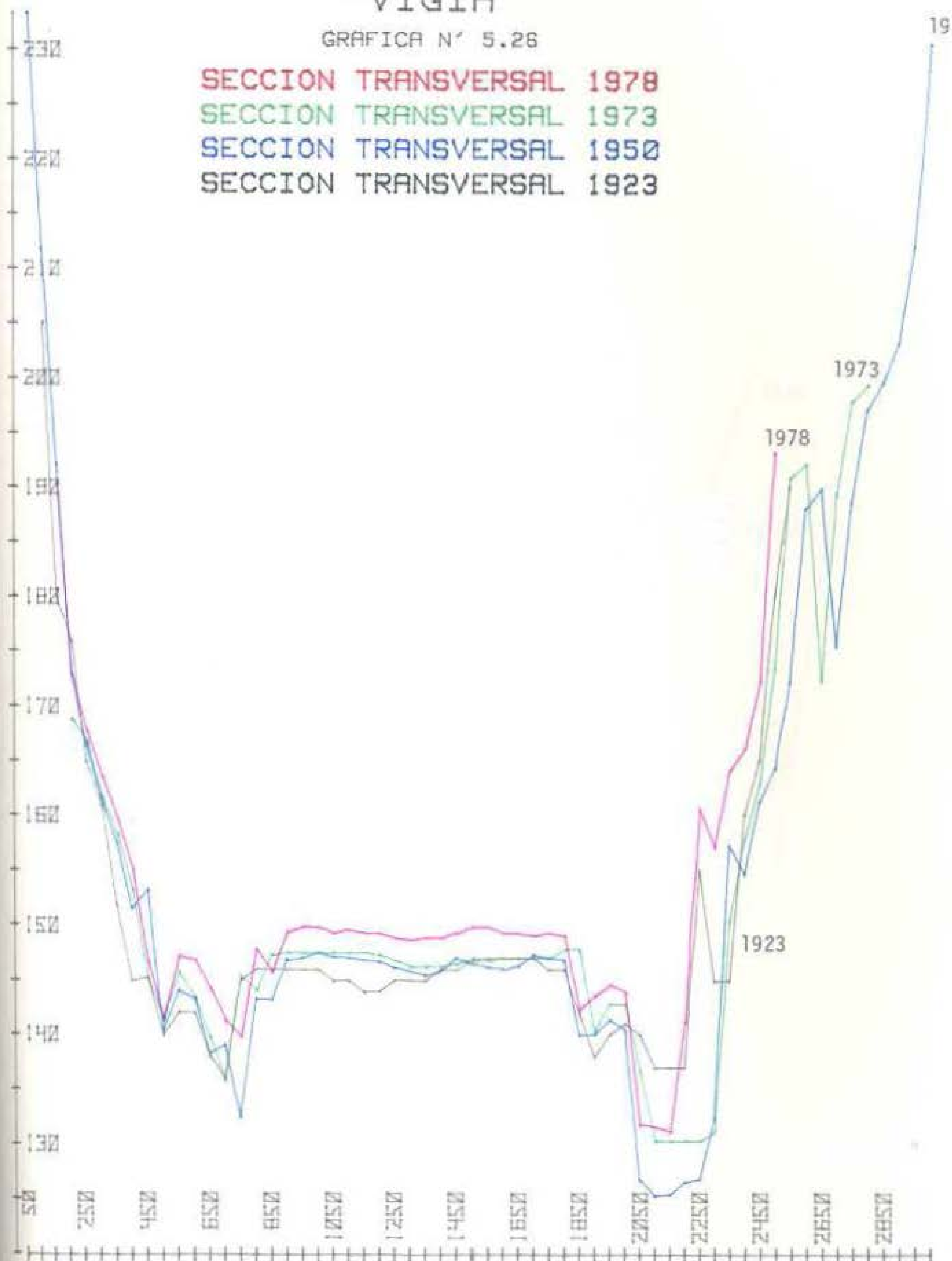



Figura N°5.5



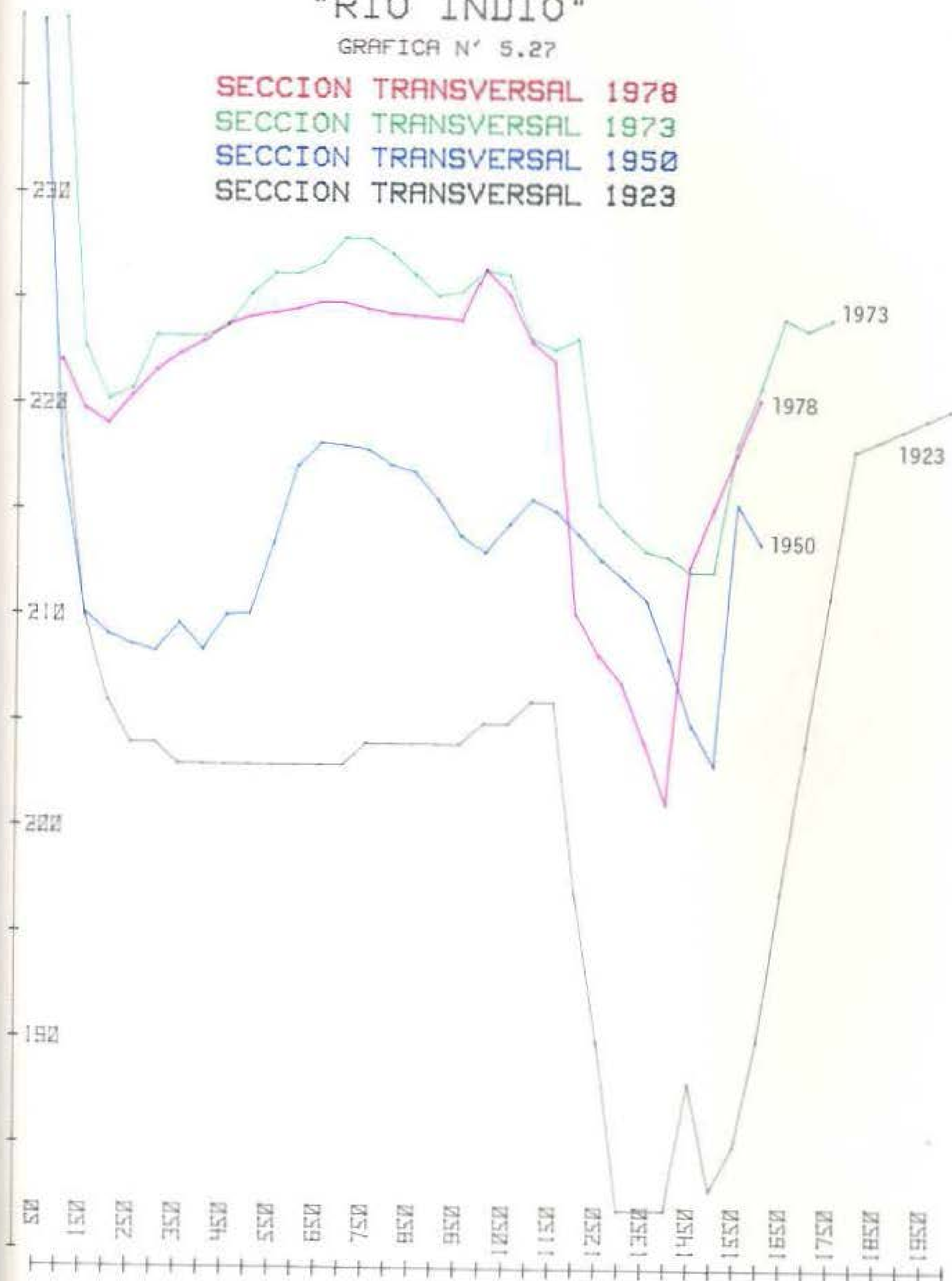
LOCALIZACION #1
"PALO GREGORIO"
GRAFICA N' 5.25
SECCION TRANSVERSAL 1978
SECCION TRANSVERSAL 1973
SECCION TRANSVERSAL 1950
SECCION TRANSVERSAL 1923
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1973
1978


LOCALIZACION #2
"VIGIA"
GRAFICA N' 5.26
SECCION TRANSVERSAL 1978
SECCION TRANSVERSAL 1973
SECCION TRANSVERSAL 1950
SECCION TRANSVERSAL 1923
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
50
250
450
650
850
1050
1250
1450
1650
1850
2050
2250
2450
2650
2850
1978
1973
1923
19

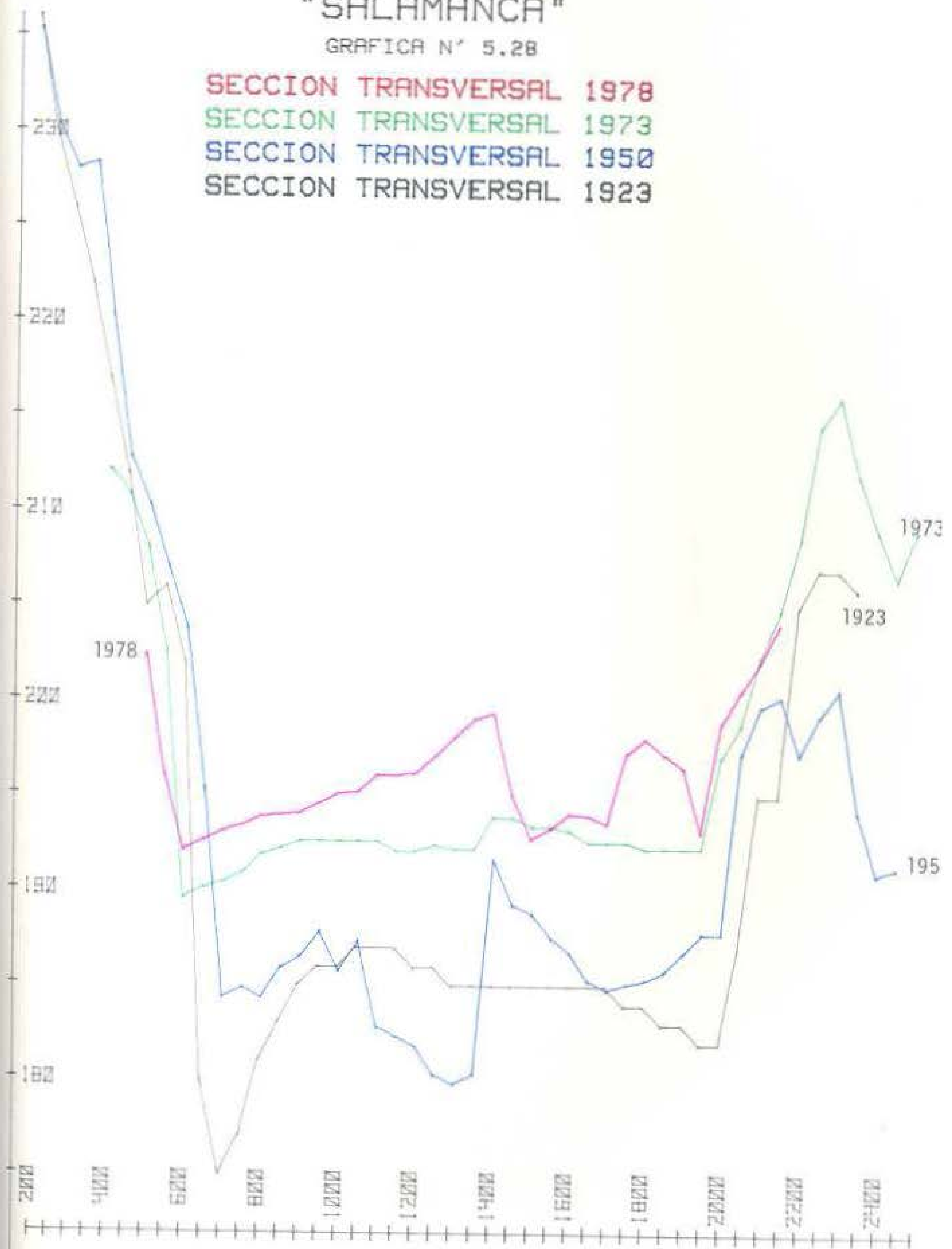
LOCALIZACION #3

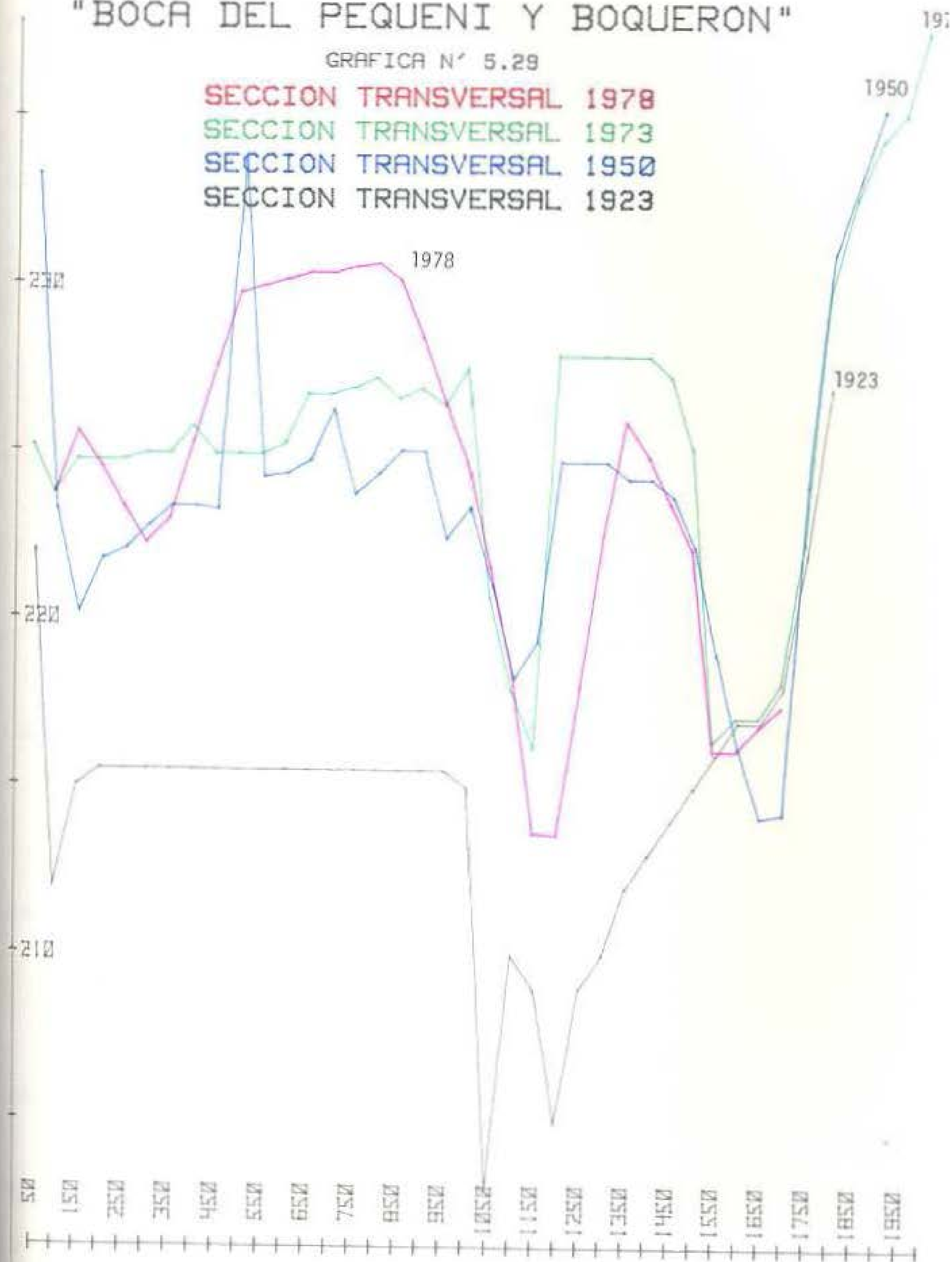
"RIO INDIO"

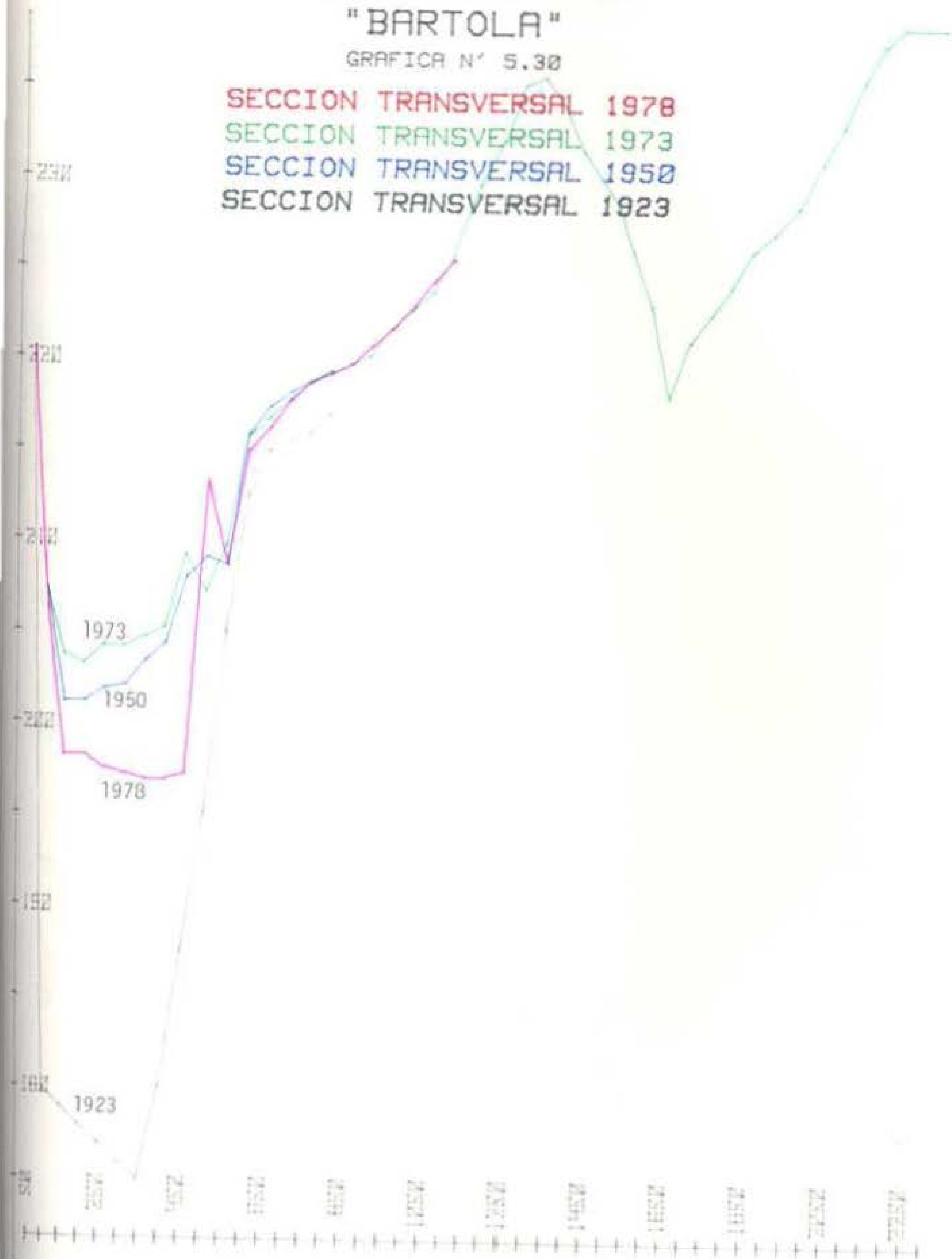
GRAFICA N' 5.27



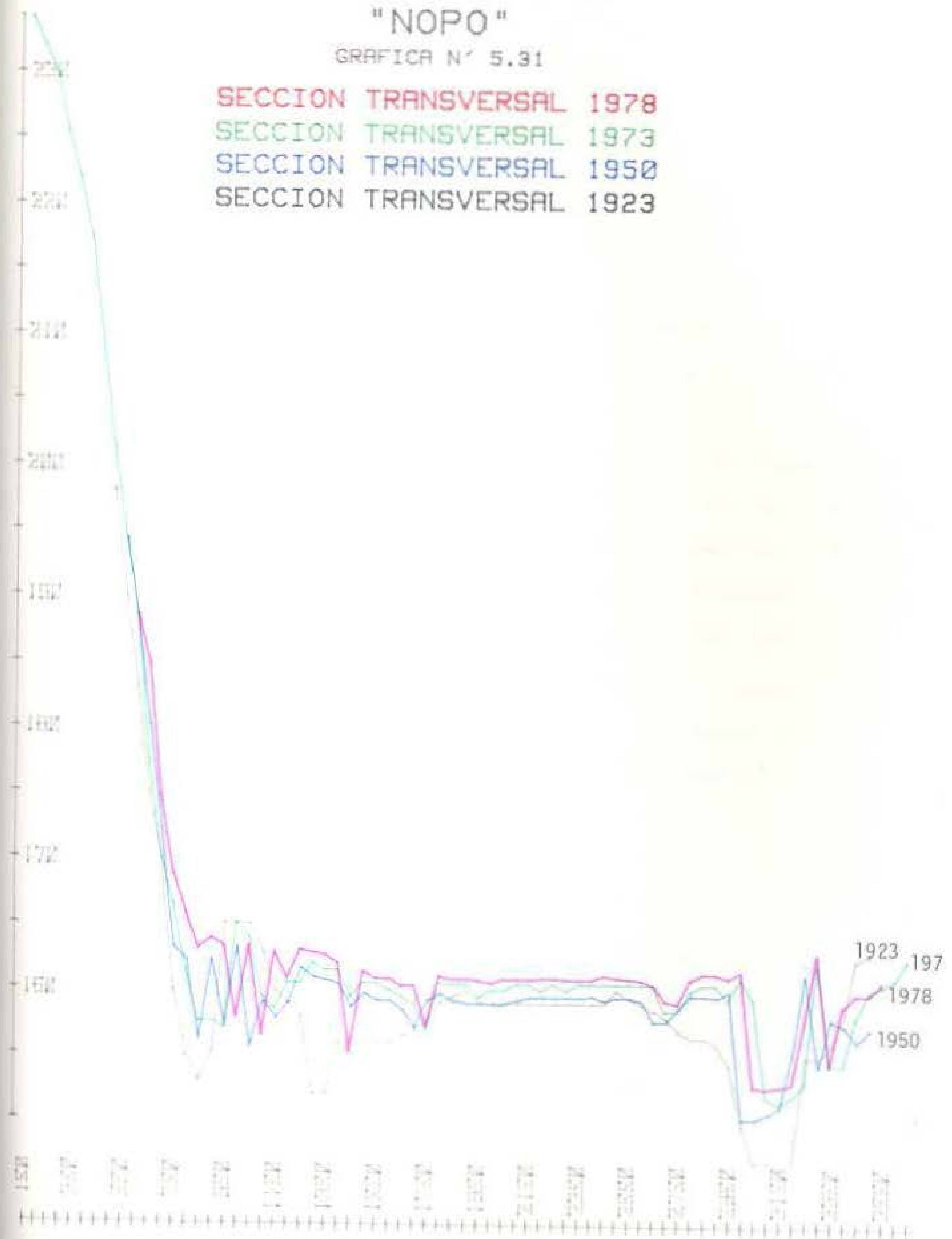
# LOCALIZACION #4
## "SALAMANCA"




LOCALIZACION #5
"BOCA DEL PEQUENI Y BOQUERON"
GRAFICA N' 5.29
SECCION TRANSVERSAL 1978
SECCION TRANSVERSAL 1973
SECCION TRANSVERSAL 1950
SECCION TRANSVERSAL 1923
1978
1950
1923
230
220
210
50
150
250
350
450
550
650
750
850
950
1050
1150
1250
1350
1450
1550
1650
1750
1850
1950



LOCALIZACION #6
"BARTOLA"
GRAFICA N' 5.30
SECCION TRANSVERSAL 1978
SECCION TRANSVERSAL 1973
SECCION TRANSVERSAL 1950
SECCION TRANSVERSAL 1923
1973
1950
1978
1923



LOCALIZACION #7
"NOPO"
GRAFICA N' 5.31
SECCION TRANSVERSAL 1978
SECCION TRANSVERSAL 1973
SECCION TRANSVERSAL 1950
SECCION TRANSVERSAL 1923
1923
197
1978
1950

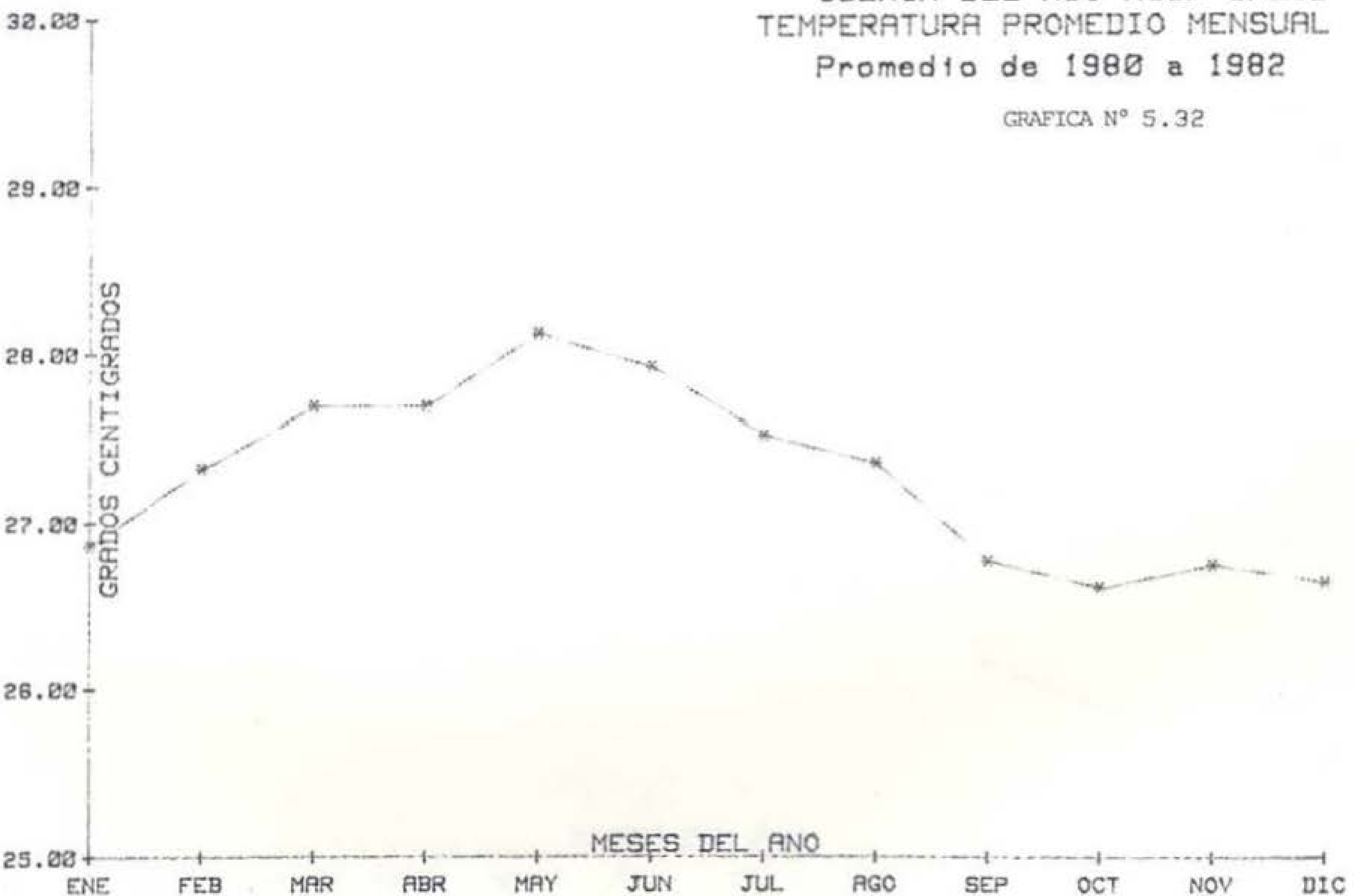
## H. TEMPERATURA

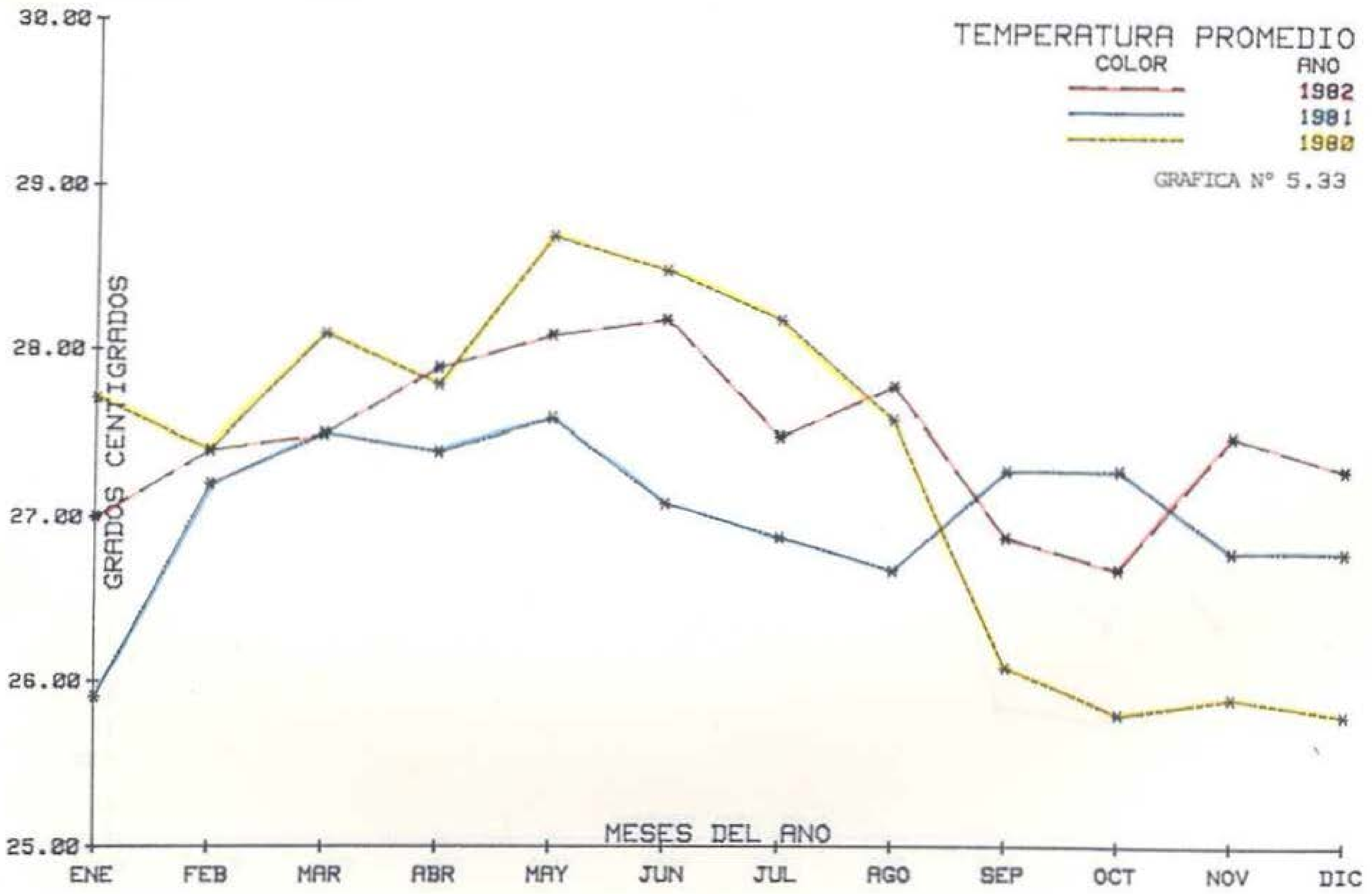
La cuenca del Río Agua Salud posee un clima eminentemente tropical, la variación en la temperatura debido al cambio de estación es mínima y no existe ningún cambio brusco durante el año o de un día al otro. Durante el período 1980-1982 se notó en promedio que el mes más caliente fue mayo y el más fresco octubre, aunque la diferencia entre éstos fue solamente de 2 a 3 grados Centígrados (gráfica No.5.32).

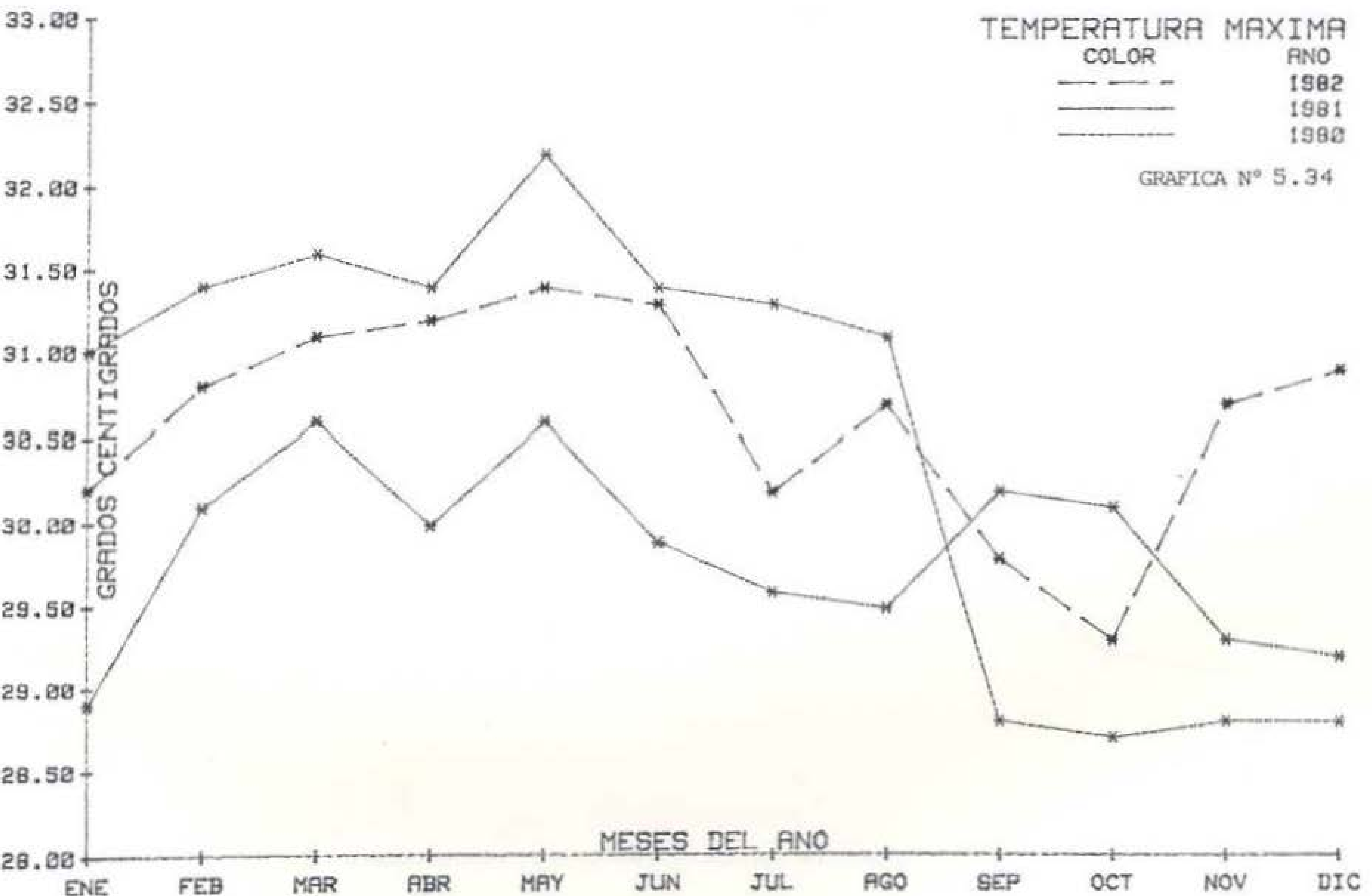
En los tres años que duró el estudio, el promedio de las temperaturas anuales fue de 27.3 'C, el año más caliente fue 1982 con un promedio mensual de 27.5 'C, seguidamente 1980 con 27.3 'C y 1981 con 27.0 'C (gráfica No.5.33). La temperatura del aire varió inversamente con la cantidad de lluvias, debido principalmente a la nubosidad del cielo y a la obstrucción de los rayos solares. Se puede demostrar lo anterior por medio de la alta precipitación durante 1981 y la sequía en 1982, principalmente en los meses de noviembre y diciembre, meses que reportan una variación irregular en la temperatura del aire.

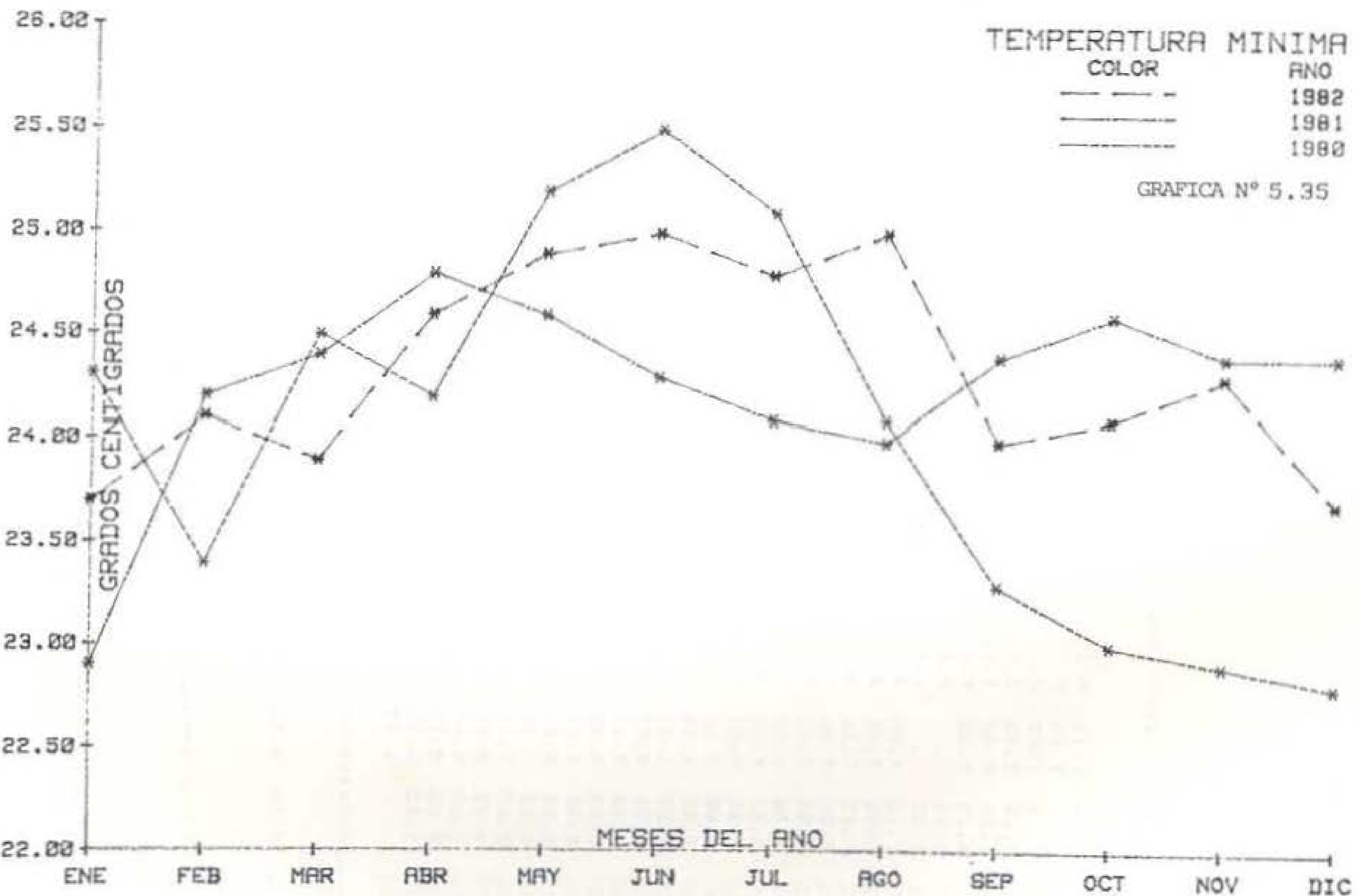
La temperatura máxima diaria ocurrió el 9 de mayo de 1980 con un valor de 34.7 'C, la mínima fue el 30 de octubre de 1980 con 21.3 'C (tablas No.5.20 a 5.25). El mes con el promedio de temperatura más alta fue mayo de 1980 con 32.2 'C (gráfica No.5.34) y el más bajo fue diciembre de 1980 con 22.8 'C (gráfica No.5.35).

En resumen, podemos concluir que la temperatura durante estos tres años en la cuenca del Río Agua Salud asciende desde 26.7 'C en enero hasta 28.1 'C en mayo, luego desciende hasta 26.6 'C en diciembre, ambos desplazamientos en una forma moderada.


CUENCA DEL RIO AGUA SALUD
TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL
Promedio de 1980 a 1982
GRAFICA N° 5.32
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
GRADOS CENTIGRADOS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


TEMPERATURA PROMEDIO
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.33
30.00
29.00
28.00
27.00
26.00
25.00
GRADOS CENTIGRADOS
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


TEMPERATURA MAXIMA
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.34
33.00
32.50
32.00
31.50
31.00
30.50
30.00
29.50
29.00
28.50
28.00
GRADOS CENTIGRADOS
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC
MESES DEL ANO


TEMPERATURA MINIMA
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.35
26.02
25.50
25.00
24.50
24.00
23.50
23.00
22.50
22.00
GRADOS CENTIGRADOS
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC
MESES DEL ANO

TEMPERATURA MINIMA (°C)

1980

| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 24.8 | 24.3 | 22.9 | 26.3 | 24.3 | 25.0 | 25.5 | 24.5 | 23.8 | 21.9 | 23.7 | 24.1 |
| 2 | 25.2 | 22.9 | 23.3 | 24.7 | 25.5 | 25.7 | 25.3 | 25.0 | 23.0 | 23.6 | 23.9 | 22.5 |
| 3 | 25.4 | 21.7 | 22.8 | 23.7 | 25.5 | 25.5 | 25.9 | 25.4 | 22.5 | 23.1 | 23.1 | 21.9 |
| 4 | 25.3 | 21.9 | 22.4 | 24.4 | 24.4 | 25.3 | 25.8 | 24.2 | 23.5 | 23.5 | 23.0 | 22.0 |
| 5 | 25.1 | 22.9 | 22.9 | 23.6 | 25.2 | 26.2 | 25.5 | 24.4 | 24.1 | 23.0 | 22.9 | 23.2 |
| 6 | 25.5 | 22.9 | 23.3 | 24.1 | 25.8 | 24.6 | 26.0 | 24.5 | 24.9 | 22.5 | 21.8 | 22.2 |
| 7 | 25.0 | 23.5 | 23.6 | 24.2 | 26.0 | 25.0 | 26.5 | 24.5 | 24.3 | . | 22.3 | 22.3 |
| 8 | 24.8 | 23.9 | 24.1 | 23.4 | 26.1 | 26.4 | 24.7 | 24.1 | 24.3 | . | 22.3 | 22.6 |
| 9 | 24.4 | 24.3 | 23.7 | 22.8 | 25.5 | 26.3 | 25.9 | 24.5 | 22.9 | 23.4 | 22.1 | 23.6 |
| 10 | 24.7 | 24.5 | 25.1 | 21.5 | 26.3 | 25.2 | 25.7 | 24.9 | 23.9 | 23.5 | 22.7 | 24.1 |
| 11 | 24.2 | 24.1 | 25.6 | 20.8 | 25.5 | 25.5 | 25.6 | 25.1 | 24.0 | 22.7 | 23.3 | 23.3 |
| 12 | 23.3 | 23.5 | 25.8 | 20.0 | 26.6 | 25.4 | 24.8 | 23.6 | 23.3 | 22.5 | 23.3 | 22.3 |
| 13 | 23.7 | 23.9 | 25.9 | 20.9 | 24.0 | 25.1 | 25.5 | 23.7 | 23.6 | 22.5 | 22.6 | 22.3 |
| 14 | 21.7 | 23.7 | 25.7 | 21.9 | 24.0 | 24.6 | 25.7 | 24.7 | 23.7 | 24.3 | 22.8 | 21.6 |
| 15 | 22.3 | 23.7 | 25.2 | 22.6 | 25.1 | 25.7 | 25.6 | 24.3 | 23.5 | 23.9 | 22.6 | 23.5 |
| 16 | 23.5 | 23.3 | 26.5 | 26.5 | 24.8 | 27.5 | 26.1 | 24.7 | 23.0 | 22.9 | 22.4 | 23.6 |
| 17 | 22.7 | . | 26.0 | 25.7 | 25.1 | 26.3 | 25.3 | 24.5 | 22.3 | 23.2 | 23.6 | 24.1 |
| 18 | 22.9 | . | 24.5 | 26.0 | 24.8 | 25.8 | 23.5 | 23.5 | 23.1 | 23.2 | 22.5 | 23.0 |
| 19 | 23.9 | . | 24.6 | 25.8 | 25.5 | 23.8 | 24.3 | 23.9 | 23.7 | 22.1 | 22.5 | 23.3 |
| 20 | 24.4 | 23.5 | 24.5 | 27.0 | 24.1 | 24.3 | 24.2 | 24.3 | 23.1 | 22.9 | 22.2 | 23.2 |
| 21 | 24.1 | 23.5 | 24.1 | 26.3 | 25.7 | 24.0 | 25.0 | . | 22.5 | 22.7 | 23.6 | 22.9 |
| 22 | 24.1 | 23.4 | 22.6 | 25.4 | 25.6 | 24.6 | 25.3 | . | 23.4 | 22.5 | 23.5 | 22.4 |
| 23 | 24.3 | 22.6 | 21.6 | 24.5 | 25.3 | 24.2 | 24.2 | . | 23.4 | 23.1 | 22.9 | 22.9 |
| 24 | 25.1 | 22.7 | 22.2 | 24.8 | 25.0 | 25.7 | 23.3 | . | 23.6 | 23.6 | 24.0 | 22.7 |
| 25 | 25.3 | 23.1 | 25.8 | 24.0 | 25.3 | 26.1 | 24.1 | . | 23.7 | 23.7 | 22.8 | 22.2 |
| 26 | 25.7 | 24.3 | 25.1 | 25.2 | 25.4 | 26.5 | 25.3 | . | 22.8 | 22.5 | 22.5 | 22.8 |
| 27 | 24.7 | 24.3 | 25.8 | 25.8 | 25.6 | 26.4 | 25.1 | 23.5 | 22.5 | 23.5 | 23.6 | 22.4 |
| 28 | 24.7 | 23.3 | 26.2 | 25.2 | 24.5 | 26.3 | 24.6 | 23.7 | 22.4 | 24.2 | 23.5 | 22.8 |
| 29 | 24.1 | 23.1 | 26.2 | 25.6 | 25.1 | 26.1 | 24.4 | 21.9 | 22.9 | 21.5 | 23.9 | 22.4 |
| 30 | 25.2 | . | 26.1 | 24.0 | 25.4 | 26.5 | 24.7 | 22.0 | 21.9 | 21.3 | 22.1 | 22.2 |
| 31 | 24.1 | . | 25.9 | . | 25.2 | . | 24.5 | 23.4 | . | 23.1 | . | 22.2 |

PROMEDIO

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24.3 | 23.4 | 24.5 | 24.2 | 25.2 | 25.5 | 25.1 | 24.1 | 23.3 | 23.0 | 22.9 | 22.8 |

TABLA N' 5.20

TEMPERATURA MAXIMA (°C)

1980

| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28.0 | 29.9 | 31.7 | 32.7 | 33.4 | 30.7 | 32.1 | 30.8 | 27.0 | 28.3 | 27.5 | 28.1 |
| 2 | 30.1 | 30.9 | 31.9 | 30.4 | 34.1 | 32.5 | 30.6 | 32.5 | 26.3 | 29.1 | 28.2 | 29.6 |
| 3 | 31.3 | 32.5 | 31.2 | 31.8 | 35.1 | 32.6 | 33.1 | 31.5 | 31.5 | 30.0 | 29.0 | 29.9 |
| 4 | 32.3 | 30.7 | 30.9 | 32.3 | 32.9 | 33.0 | 33.2 | 31.3 | 29.0 | 29.2 | 28.7 | 29.5 |
| 5 | 32.7 | 26.7 | 32.3 | 30.3 | 31.7 | 30.6 | 32.2 | 31.1 | 29.9 | 25.9 | 27.7 | 26.9 |
| 6 | 32.4 | 29.4 | 32.4 | 30.7 | 30.0 | 32.5 | 32.0 | 31.2 | 26.7 | 28.1 | 28.3 | 29.2 |
| 7 | 30.9 | 29.8 | 32.5 | 31.5 | 29.9 | 28.6 | 31.4 | 32.0 | 28.9 | . | 29.1 | 29.8 |
| 8 | 31.9 | 32.3 | 32.5 | 31.7 | 31.3 | 31.2 | 31.2 | 30.9 | 28.1 | . | 28.3 | 30.8 |
| 9 | 31.3 | 30.3 | 32.6 | 31.3 | 34.7 | 29.1 | 33.6 | 29.1 | 28.9 | 28.2 | 30.3 | 31.4 |
| 10 | 32.6 | 32.5 | 30.2 | 30.6 | 32.2 | 30.9 | 31.3 | 34.1 | 28.7 | 28.0 | 30.5 | 31.6 |
| 11 | 30.7 | 32.3 | 31.5 | 30.6 | 33.0 | 29.4 | 32.6 | 33.1 | 29.1 | 27.5 | 28.4 | 31.6 |
| 12 | 30.9 | 31.0 | 30.9 | 30.9 | 33.7 | 30.6 | 31.9 | 34.3 | 31.7 | 30.1 | 29.4 | 29.0 |
| 13 | 31.9 | 32.1 | 32.1 | 31.1 | 30.3 | 30.2 | 30.4 | 33.3 | 28.7 | 29.2 | 28.5 | 28.1 |
| 14 | 30.7 | 32.0 | 31.0 | 31.3 | 32.1 | 32.8 | 29.9 | 33.3 | 29.1 | 28.5 | 29.4 | 30.0 |
| 15 | 29.3 | 30.6 | 30.8 | 31.4 | 31.6 | 33.2 | 29.9 | 30.8 | 28.9 | 27.3 | 28.8 | 29.4 |
| 16 | 30.7 | 32.1 | 30.5 | 32.3 | 33.0 | 31.0 | 30.7 | 27.3 | 28.7 | 27.5 | 28.7 | 27.6 |
| 17 | 31.1 | . | 31.1 | 31.6 | 32.2 | 32.3 | 32.7 | 32.3 | 31.8 | 28.1 | 30.5 | 29.4 |
| 18 | 29.3 | . | 31.6 | 31.2 | 28.0 | 33.0 | 30.5 | 33.3 | 26.8 | 28.3 | 30.0 | 28.8 |
| 19 | 28.0 | . | 32.2 | 31.9 | 34.6 | 29.5 | 31.3 | 31.3 | 26.5 | 29.2 | 30.4 | 28.8 |
| 20 | 31.3 | 31.1 | 31.3 | 34.1 | 32.5 | 30.1 | 29.7 | 32.0 | 27.9 | 29.9 | 30.5 | 29.7 |
| 21 | 30.1 | 32.5 | 31.1 | 31.6 | 31.2 | 33.4 | 30.1 | . | 27.9 | 29.8 | 30.2 | 29.2 |
| 22 | 30.5 | 32.1 | 31.6 | 30.2 | 29.6 | 31.2 | 30.3 | . | 27.7 | 28.5 | 27.7 | 27.8 |
| 23 | 31.5 | 32.6 | 31.4 | 29.2 | 32.5 | 29.3 | 32.5 | . | 31.6 | 28.9 | 27.7 | 29.0 |
| 24 | 29.9 | 32.4 | 31.3 | 28.8 | 32.9 | 31.3 | 31.6 | . | 30.9 | 30.5 | 28.8 | 28.5 |
| 25 | 30.7 | 31.3 | 30.0 | 31.0 | 31.1 | 31.1 | 32.0 | . | 31.9 | 30.4 | 26.4 | 28.1 |
| 26 | 32.9 | 32.5 | 32.5 | 31.9 | 33.5. | 31.3 | 30.7 | . | 25.0 | 28.5 | 28.3 | 27.8 |
| 27 | 32.6 | 32.7 | 32.5 | 32.2 | 33.9 | 32.3 | 31.9 | 29.5 | 25.7 | 27.6 | 28.3 | 25.6 |
| 28 | 32.5 | 32.5 | 32.5 | 32.8 | 33.1 | 32.9 | 31.2 | 27.9 | 29.9 | 28.8 | 27.9 | 24.5 |
| 29 | 32.1 | 32.3 | 31.3 | 31.9 | 34.3 | 32.8 | 30.4 | 28.3 | 29.9 | 28.2 | 28.7 | 27.5 |
| 30 | 30.5 | . | 32.2 | 32.4 | 31.5 | 33.2 | 29.7 | 27.9 | 29.6 | 27.6 | 27.5 | 27.5 |
| 31 | 30.9 | . | 33.0 | . | 29.5 | . | 30.6 | 29.3 | . | 30.7 | . | 27.4 |

PROMEDIO

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PROMEDIO | 31.0 | 31.4 | 31.6 | 31.4 | 32.2 | 31.4 | 31.3 | 31.1 | 28.8 | 28.7 | 28.8 | 28.8 |

TABLA N' 5.21

# TEMPERATURA MINIMA (°C)

1981

| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 21.4 | 23.5 | 26.6 | 25.6 | 24.0 | 25.4 | 23.9 | 24.0 | 23.2 | 24.7 | 22.8 | 23.7 |
| 2 | 21.7 | 24.4 | 25.9 | 25.5 | 23.9 | 25.2 | 23.7 | 22.2 | 23.5 | 25.7 | 22.7 | 23.5 |
| 3 | 22.7 | 24.6 | 25.1 | 23.9 | 24.3 | 24.0 | 25.4 | 22.7 | 23.7 | 25.3 | 24.7 | 24.7 |
| 4 | 22.9 | 24.2 | 25.2 | 23.8 | 24.7 | 24.8 | 23.7 | 24.0 | 23.0 | 25.3 | 24.4 | 25.2 |
| 5 | 23.0 | 24.5 | 25.4 | 23.9 | 25.1 | 24.6 | 23.1 | 24.6 | 23.3 | 25.3 | 24.5 | 24.2 |
| 6 | 21.7 | 22.8 | 25.0 | 24.7 | 24.1 | 24.6 | 23.9 | 25.1 | 24.2 | 25.1 | 25.3 | 24.1 |
| 7 | 22.5 | 24.1 | 24.4 | 24.7 | 24.6 | 24.1 | 24.0 | 24.7 | 24.3 | . | 25.1 | 23.9 |
| 8 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 23.7 | 24.7 | 23.5 | 24.7 | 24.7 | 24.3 | 24.2 | . | 24.7 |
| 9 | 22.9 | 23.4 | 24.9 | 25.7 | 24.3 | 23.7 | 24.3 | 25.1 | 24.7 | 24.3 | 25.1 | 24.7 |
| 10 | 23.9 | 24.6 | 24.7 | 24.5 | 24.3 | 24.9 | 24.0 | 24.7 | 24.8 | 24.0 | . | 24.0 |
| 11 | 23.3 | 24.8 | 25.2 | 27.0 | 24.5 | 25.2 | 23.4 | 24.9 | 24.1 | 23.7 | . | 23.3 |
| 12 | 22.1 | 23.9 | 25.2 | 25.6 | 24.5 | 23.7 | 23.3 | 24.5 | 24.8 | 24.7 | 25.0 | 24.3 |
| 13 | 23.2 | 24.0 | 23.4 | 25.3 | 24.3 | 23.4 | 23.1 | 24.3 | 24.1 | 24.7 | 24.6 | 24.7 |
| 14 | 21.2 | 23.7 | 24.5 | 24.5 | 24.6 | 24.4 | 23.3 | 24.3 | 24.6 | 24.3 | 24.3 | 24.6 |
| 15 | 23.7 | 23.0 | 24.8 | 24.9 | 25.0 | 24.8 | 24.4 | 24.5 | 24.3 | 24.9 | 24.1 | 24.6 |
| 16 | 23.2 | 22.7 | 22.7 | 24.6 | 24.9 | 24.3 | 23.4 | 24.3 | 25.1 | 24.7 | 24.7 | 24.7 |
| 17 | 22.9 | 23.5 | 22.7 | 24.7 | 25.5 | 23.7 | 24.4 | 24.0 | 24.5 | 24.6 | 25.2 | 24.8 |
| 18 | 23.0 | 24.6 | 22.4 | 24.3 | 24.9 | 24.1 | 24.2 | 23.8 | 24.6 | 24.7 | 25.6 | 24.9 |
| 19 | 23.3 | 24.9 | 22.7 | 24.2 | 24.5 | 24.1 | 24.1 | 23.2 | 24.8 | 24.8 | 24.4 | 24.8 |
| 20 | 22.6 | 24.9 | 23.6 | 24.1 | 25.5 | 23.9 | 25.4 | 23.6 | 25.3 | 24.5 | 25.3 | 24.4 |
| 21 | 22.8 | 24.3 | 23.1 | 24.2 | 25.5 | 24.6 | 24.2 | 23.6 | 25.3 | 24.4 | 24.3 | 24.6 |
| 22 | 23.2 | 23.4 | 22.7 | 25.5 | 24.9 | 24.8 | 23.6 | 24.3 | 24.9 | 24.3 | 23.8 | 23.8 |
| 23 | 23.8 | 22.9 | 24.5 | 25.4 | 24.1 | 24.7 | 23.7 | 24.1 | 25.7 | 23.9 | 24.1 | 23.9 |
| 24 | 22.1 | 24.3 | 23.8 | 25.0 | 23.6 | 23.7 | 24.9 | 24.6 | 25.7 | 24.9 | 23.6 | 24.0 |
| 25 | 22.2 | 25.0 | 25.6 | 25.6 | 24.3 | 24.3 | 24.4 | 23.2 | 25.4 | 25.0 | 23.5 | 24.1 |
| 26 | 22.5 | 25.4 | 24.0 | 24.8 | 25.4 | 23.5 | 24.7 | 22.8 | 24.9 | 24.4 | 24.8 | 23.3 |
| 27 | 23.8 | 26.8 | 24.0 | 24.8 | 25.5 | 25.1 | 25.1 | 23.7 | 21.7 | 24.7 | 25.1 | 25.4 |
| 28 | 24.0 | 26.6 | 25.6 | 24.5 | 24.3 | 23.9 | 24.7 | 23.7 | 23.9 | 24.6 | 23.8 | 25.4 |
| 29 | 23.9 | . | 24.6 | 24.4 | 24.8 | 23.4 | 23.4 | 24.3 | 23.6 | 24.9 | 23.9 | 25.6 |
| 30 | 24.2 | . | 24.8 | 24.1 | 24.0 | 23.5 | 23.9 | 23.5 | 23.7 | 24.5 | 24.1 | 25.5 |
| 31 | 23.7 | . | 23.9 | . | 24.4 | . | 25.2 | 23.0 | . | 23.8 | . | 24.2 |
| PROMEDIO | 22.9 | 24.2 | 24.4 | 24.8 | 24.6 | 24.3 | 24.1 | 24.0 | 24.4 | 24.6 | 24.4 | 24.4 |

TABLA N' 5.22

TEMPERATURA MAXIMA (°C)

1981

| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28.1 | 29.2 | 31.9 | 31.2 | 31.1 | 29.1 | 30.6 | 29.8 | 28.7 | 30.6 | 28.8 | 28.7 |
| 2 | 28.0 | 29.9 | 31.1 | 31.2 | 31.3 | 29.7 | 29.8 | 29.5 | 30.2 | 30.9 | 31.6 | 29.2 |
| 3 | 27.3 | 30.3 | 31.3 | 31.5 | 30.1 | 30.2 | 26.5 | 28.1 | 29.0 | 30.1 | 31.9 | 29.9 |
| 4 | 29.4 | 29.6 | 30.8 | 30.3 | 29.5 | 31.1 | 28.6 | 28.5 | 30.0 | 29.2 | 31.1 | 29.8 |
| 5 | 29.1 | 30.4 | 29.7 | 31.9 | 32.2 | 32.7 | 29.8 | 28.7 | 32.0 | 30.2 | 31.1 | 28.2 |
| 6 | 29.4 | 31.0 | 28.3 | 31.6 | 31.5 | 30.1 | 29.6 | 30.5 | 28.8 | 30.8 | 28.2 | 29.6 |
| 7 | 27.9 | 31.2 | 30.7 | 30.9 | 31.4 | 29.7 | 31.7 | 29.1 | 29.4 | . | 27.9 | 29.9 |
| 8 | 27.7 | 30.7 | 31.0 | 31.0 | 29.6 | 28.6 | 29.0 | 31.8 | 29.9 | 28.8 | . | 26.9 |
| 9 | 30.3 | 30.7 | 29.3 | 31.5 | 30.0 | 28.9 | 29.9 | 30.5 | 29.2 | 30.7 | 29.4 | 26.3 |
| 10 | 30.1 | 30.5 | 29.3 | 31.5 | 32.8 | 30.5 | 29.2 | 28.5 | 28.6 | 29.4 | . | 26.5 |
| 11 | 30.1 | 30.6 | 30.6 | 30.8 | 31.8 | 30.4 | 28.2 | 29.8 | 29.8 | 29.6 | . | 25.8 |
| 12 | 28.6 | 30.0 | 30.2 | 31.1 | 29.1 | 29.5 | 30.9 | 27.4 | 30.3 | 29.9 | 27.7 | 27.5 |
| 13 | 27.5 | 30.3 | 30.3 | 31.9 | 30.6 | 27.5 | 29.5 | 27.9 | 31.7 | 31.9 | 27.7 | 27.3 |
| 14 | 28.2 | 29.7 | 30.4 | 30.8 | 27.6 | 31.9 | 30.0 | 30.7 | 29.2 | 29.2 | 28.2 | 27.7 |
| 15 | 27.0 | 30.6 | 31.5 | 29.0 | 27.3 | 32.3 | 28.1 | 33.2 | 31.9 | 29.0 | 29.2 | 28.4 |
| 16 | 29.8 | 27.8 | 30.3 | 29.1 | 31.4 | 26.6 | 27.0 | 30.6 | 29.1 | 29.4 | 28.3 | 30.4 |
| 17 | 29.8 | 29.0 | 30.0 | 30.6 | 30.2 | 30.5 | 28.8 | 32.1 | 30.2 | 30.6 | 29.0 | 30.9 |
| 18 | 28.1 | 30.9 | 30.6 | 27.3 | 31.1 | 31.3 | 27.4 | 29.1 | 30.8 | 28.8 | 28.7 | 31.7 |
| 19 | 29.8 | 30.9 | 32.3 | 27.1 | 30.8 | 28.7 | 29.7 | 30.8 | 30.1 | 28.6 | 28.9 | 30.8 |
| 20 | 30.2 | 29.7 | 30.8 | 29.1 | 32.2 | 31.9 | 29.3 | 26.8 | 31.8 | 31.0 | 30.6 | 29.6 |
| 21 | 29.3 | 30.9 | 29.9 | 29.7 | 31.4 | 31.7 | 29.4 | 28.2 | 31.1 | 29.5 | 26.9 | 29.1 |
| 22 | 28.6 | 29.5 | 32.0 | 27.5 | 30.2 | 29.9 | 30.7 | 30.3 | 31.1 | 28.7 | 29.4 | 31.2 |
| 23 | 27.4 | 29.6 | 31.6 | 30.0 | 28.5 | 31.7 | 30.7 | 30.7 | 31.1 | 28.7 | 28.8 | 26.2 |
| 24 | 29.3 | 29.2 | 30.8 | 28.9 | 30.3 | 32.0 | 29.8 | 29.0 | 29.2 | 30.3 | 30.7 | 30.8 |
| 25 | 29.4 | 30.2 | 30.9 | 29.8 | 31.3 | 27.3 | 31.8 | 28.6 | 32.8 | 32.0 | 29.0 | 30.2 |
| 26 | 30.0 | 30.2 | 29.4 | 28.0 | 31.9 | 29.4 | 31.1 | 29.1 | 31.1 | 32.6 | 29.4 | 30.0 |
| 27 | 29.1 | 30.1 | 31.2 | 27.1 | 32.7 | 28.4 | 30.8 | 28.7 | 28.7 | 30.7 | 28.7 | 29.3 |
| 28 | 30.5 | 30.7 | 30.5 | 29.5 | 30.1 | 28.5 | 31.7 | 30.7 | 29.6 | 30.3 | 30.0 | 31.8 |
| 29 | 28.4 | . | 30.3 | 28.9 | 29.7 | 28.2 | 27.8 | 29.8 | 30.2 | 29.7 | 28.3 | 30.8 |
| 30 | 29.7 | . | 30.8 | 31.1 | 31.1 | 29.2 | 29.4 | 26.3 | 30.3 | 30.2 | 30.7 | 30.7 |
| 31 | 28.8 | . | 31.8 | . | 30.5 | . | 31.9 | 29.6 | . | 30.2 | . | 29.6 |
| PROMEDIO | 28.9 | 30.1 | 30.6 | 30.0 | 30.6 | 29.9 | 29.6 | 29.5 | 30.2 | 30.1 | 29.3 | 29.2 |

TABLA N' 5.23

## TEMPERATURA MINIMA (°C)

1982

| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 24.2 | 24.2 | 24.4 | . | 24.5 | 25.3 | 25.9 | 25.0 | 23.5 | 23.8 | 24.9 | 24.3 |
| 2 | 23.8 | 23.6 | 23.8 | 24.6 | 23.8 | 25.2 | 26.0 | 25.3 | 24.2 | 23.4 | 24.4 | . |
| 3 | 24.1 | 23.6 | 22.7 | 24.2 | 24.8 | 24.9 | 25.5 | 25.1 | 22.5 | 23.7 | 23.7 | 24.9 |
| 4 | 24.2 | 23.3 | 22.6 | 23.8 | 25.4 | 24.1 | 24.1 | 24.7 | 23.5 | 24.2 | 23.4 | 24.0 |
| 5 | 23.7 | 24.1 | 21.3 | 24.6 | 24.8 | 23.9 | 25.3 | 25.0 | 24.1 | 24.0 | 24.3 | 23.7 |
| 6 | 23.4 | 25.1 | 22.0 | 25.3 | 24.7 | 23.7 | 25.3 | 24.7 | 24.1 | 24.3 | 24.4 | 24.0 |
| 7 | 23.1 | 25.0 | 23.9 | 24.6 | 24.9 | 25.2 | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 24.0 | 24.9 | 24.0 |
| 8 | 24.3 | 25.0 | 24.5 | 26,3 | 24.7 | 24.8 | 23.6 | 24.4 | 23,8 | 23.9 | 24.7 | 24.0 |
| 9 | 23.5 | 24.9 | 23.7 | 26.1 | 25.1 | 25.2 | 24.5 | 24.5 | 23.9 | 23.9 | 25.3 | 24.4 |
| 10 | 22.5 | 24.6 | 24.8 | 25.4 | 24.4 | 24.3 | 24.8 | 24.9 | 23.6 | 23.1 | 25.0 | 24.0 |
| 11 | 23.9 | 23.9 | 24.0 | 25.1 | 24.3 | 25.2 | 25.4 | 26.0 | 24.7 | 24.1 | 24.5 | 23.0 |
| 12 | 24.1 | 24.7 | 24.3 | 23.7 | 24.7 | 24.8 | 24.6 | 24.1 | 24.7 | 23.8 | 24.9 | 24.0 |
| 13 | 24.8 | 24.8 | 24.4 | 23.2 | 25.4 | 23.5 | 23.7 | 24.4 | 24.5 | 24.0 | 24.7 | 24.7 |
| 14 | 26.1 | 24.7 | 24.7 | 24.4 | 24.6 | 24.6 | 24.3 | 25.2 | 24.3 | 24.3 | 24.7 | 24.0 |
| 15 | 24.1 | 24.0 | 23.8 | 24.2 | 25.3 | 25.9 | 25.4 | 24.8 | 24.6 | 23.8 | 25.8 | 24.0 |
| 16 | 23.9 | 24.1 | 22.7 | 23.5 | 24.1 | 25.6 | 25.5 | 25.0 | 24.1 | 24.0 | 25.3 | 24.5 |
| 17 | 22.9 | 24.0 | 23.0 | 23.5 | 24.3 | 25.1 | 26.1 | 24.4 | 24.1 | 23.8 | 24.6 | 23.7 |
| 18 | 24.5 | 23.2 | 22.6 | 24.0 | 24.7 | 25.1 | 25.5 | 26.1 | 24.3 | 24.1 | 24.9 | 22.7 |
| 19 | 24.2 | 22.9 | 23.6 | 23.1 | 24.2 | 25.3 | 22.9 | 25.8 | 24.4 | 24.7 | 24.8 | 22.0 |
| 20 | 24.5 | 23.6 | 23.2 | 23.6 | 24.0 | 24.9 | 23.1 | 26.3 | . | 24.3 | 23.6 | 21.3 |
| 21 | 25.0 | 22.3 | 24.0 | 24.4 | 24.9 | 25.0 | 24.5 | 25.7 | 22.6 | 23.3 | 23.7 | 23.5 |
| 22 | 23.3 | 21.7 | 24.6 | 26.1 | 24.9 | 25.3 | 25.4 | 25.9 | 22.1 | 24.6 | 23.5 | 25.1 |
| 23 | 23.7 | 23.2 | 24.6 | 25.3 | 26.1 | 25.4 | 24.7 | 25.4 | 24.7 | 24.5 | 22.5 | 24.3 |
| 24 | 23.8 | 23.1 | 24.8 | 24.8 | 26.1 | 25.3 | 26.1 | 24.7 | 24.3 | 24.3 | 23.1 | 24.3 |
| 25 | 23.7 | 25.8 | 26.1 | 24.8 | 25.6 | 24.9 | 25.4 | 24.7 | 23.9 | 24.6 | 24.1 | 23.8 |
| 26 | 22.7 | 24.6 | 24.8 | 25.1 | 25.1 | 25.9 | 25.6 | 25.1 | 24.3 | 24.3 | 24.7 | 23.7 |
| 27 | 23.1 | 25.3 | 24.3 | 25.4 | 26.1 | 25.2 | 24.9 | 25.5 | 23.8 | 23.6 | 24.7 | 23.0 |
| 28 | 21.7 | 24.6 | 23.2 | 25.4 | 26.1 | 25.5 | 24.1 | 25.3 | 24.3 | 23.3 | 22.8 | 23.3 |
| 29 | 22.5 | . | 23.9 | 24.9 | 25.6 | 25.9 | 24.1 | 25.5 | 24.3 | 23.8 | 22.5 | 22.3 |
| 30 | 22.6 | . | 24.9 | 25.1 | 24.5 | 25.7 | 23.6 | 25.0 | 24.2 | 24.9 | 23.8 | 22.0 |
| 31 | 23.1 | . | 24.5 | . | 24.8 | . | 24.6 | 22.0 | . | 25.6 | . | 23.0 |
| PROMEDIO | 23.7 | 24.1 | 23.9 | 24.6 | 24.9 | 25.0 | 24.8 | 25.0 | 24.0 | 24.1 | 24.3 | 23.7 |

TABLA N' 5.24

TEMPERATURA MAXIMA (°C)

1982

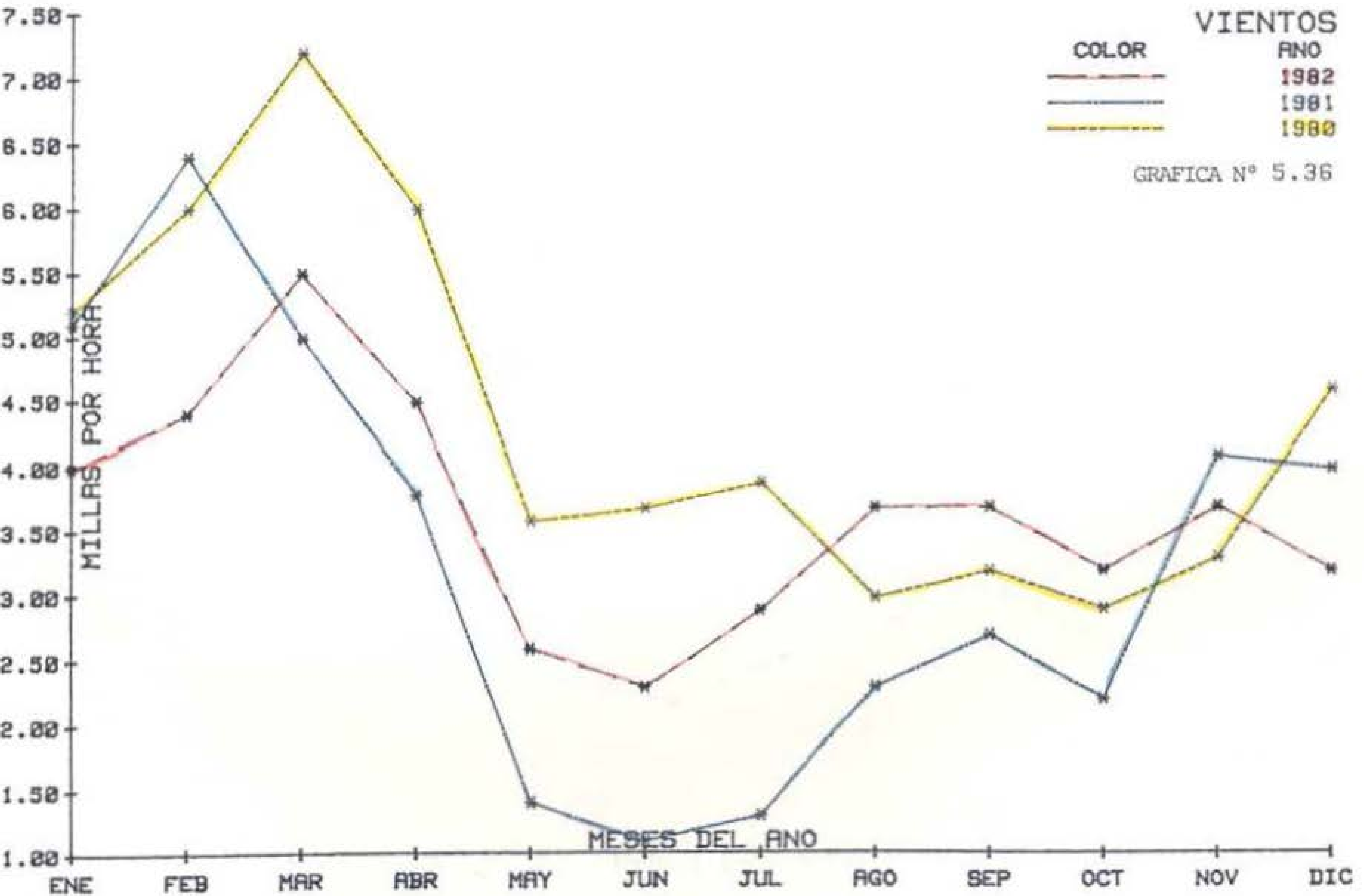
| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28.4 | 30.1 | 30.6 | . | 32.3 | 33.4 | 32.3 | 32.2 | 30.3 | 30.8 | 30.1 | 31.0 |
| 2 | 28.4 | 31.4 | 31.0 | 31.6 | 30.9 | 33.6 | 29.7 | 32.0 | 29.2 | 29.4 | 29.7 | . |
| 3 | 28.1 | 30.6 | 30.9 | 31.6 | 32.5 | 33.2 | 30.4 | 30.3 | 29.0 | 29.5 | 31.5 | 31.6 |
| 4 | 27.9 | 30.3 | 30.9 | 32.2 | 30.8 | 31.2 | 29.3 | 31.2 | 29.4 | 27.7 | 30.4 | 31.9 |
| 5 | 27.0 | 31.2 | 30.1 | 30.1 | 30.7 | 29.5 | 29.4 | 32.5 | 30.8 | 30.7 | 29.4 | 30.3 |
| 6 | 28.1 | 31.8 | 30.1 | 31.4 | 31.5 | 31.9 | 27.6 | 31.3 | 28.8 | 29.4 | 30.3 | 31.4 |
| 7 | 30.3 | 31.7 | 31.7 | 32.9 | 33.0 | 31.0 | 30.6 | 27.6 | 30.9 | 27.4 | 29.0 | 31.0 |
| 8 | 29.1 | 31.9 | 31.3 | 32.6 | 32.4 | 30.0 | 32.3 | 28.4 | 28.8 | 30.2 | 29.0 | 30.5 |
| 9 | 31.7 | 31.2 | 31.4 | 30.4 | 31.9 | 29.6 | 31.7 | 31.6 | 26.6 | 30.0 | 32.4 | 31.2 |
| 10 | 31.2 | 31.5 | 30.8 | 27.1 | 29.2 | 32.0 | 32.6 | 31.4 | 29.1 | 28.4 | 31.6 | 31.3 |
| 11 | 30.5 | 30.9 | 31.0 | 31.5 | 28.6 | 32.1 | 31.2 | 31.3 | 30.5 | 30.2 | 28.3 | 31.6 |
| 12 | 30.7 | 31.9 | 31.5 | 26.5 | 31.7 | 31.6 | 27.1 | 32.0 | 29.6 | 30.3 | 30.6 | 30.9 |
| 13 | 29.7 | 31.4 | 31.5 | 30.5 | 31.1 | 32.4 | 31.4 | 31.0 | 30.6 | 30.3 | 31.0 | 31.7 |
| 14 | 30.8 | 31.0 | 31.1 | 30.8 | 31.1 | 32.2 | 30.1 | 29.5 | 30.1 | 28.8 | 31.0 | 31.2 |
| 15 | 31.0 | 30.8 | 31.9 | 30.8 | 31.0 | 30.9 | 31.4 | 31.2 | 30.2 | 27.1 | 31.6 | 32.2 |
| 16 | 29.4 | 31.2 | 32.0 | 30.7 | 32.2 | 30.0 | 30.8 | 30.5 | 28.0 | 29.1 | 32.0 | 30.3 |
| 17 | 30.4 | 28.4 | 31.3 | 31.6 | 32.7 | 31.0 | 31.0 | 30.9 | 30.5 | 27.5 | 32.1 | 30.5 |
| 18 | 31.3 | 30.3 | 31.5 | 32.0 | 31.7 | 31.4 | 31.9 | 31.9 | 29.7 | 28.4 | 32.4 | 30.7 |
| 19 | 31.5 | 30.4 | 30.6 | 32.4 | 30.7 | 31.2 | 26.2 | 31.7 | 30.7 | 29.8 | 31.8 | 30.8 |
| 20 | 31.0 | 31.1 | 31.4 | 32.6 | 30.2 | 29.2 | 29.9 | 31.1 | . | 26.8 | 31.6 | 30.7 |
| 21 | 30.8 | 29.3 | 31.5 | 31.8 | 31.0 | 31.8 | 30.4 | 29.7 | 30.1 | 29.9 | 30.8 | 29.5 |
| 22 | 30.9 | 30.6 | 31.1 | 30.7 | 31.2 | 31.7 | 31.4 | 29.9 | 33.8 | 29.1 | 30.1 | 31.7 |
| 23 | 31.6 | 30.9 | 31.7 | 30.6 | 30.6 | 29.4 | 30.9 | 30.4 | 30.1 | 29.3 | 31.0 | 31.4 |
| 24 | 31.3 | 30.2 | 31.1 | 31.1 | 29.4. | 31.8 | 30.7 | 30.9 | 27.5 | 29.1 | 30.0 | 30.8 |
| 25 | 31.5 | 30.0 | 31.2 | 31.7 | 30.6 | 31.7 | 31.1 | 30.8 | 26.5 | 29.4 | 30.8 | 32.1 |
| 26 | 31.5 | 30.4 | 32.1 | 32.8 | 30.2 | 30.7 | 27.9 | 30.8 | 30.3 | 32.1 | 28.7 | 31.7 |
| 27 | 29.2 | 29.5 | 32.6 | 32.6 | 31.2 | 30.0 | 27.2 | 30.8 | 32.2 | 29.8 | 30.7 | 29.9 |
| 28 | 31.0 | 31.5 | 30.8 | 32.1 | 32.3 | 30.9 | 31.1 | 26.8 | 31.5 | 30.9 | 31.3 | 30.8 |
| 29 | 30.8 | . | 30.0 | 30.2 | 32.6 | 32.2 | 29.0 | 30.8 | 30.1 | 26.7 | 31.5 | 30.4 |
| 30 | 31.5 | . | 30.0 | 31.2 | 33.2 | 31.5 | 30.4 | 31.5 | 30.3 | 29.6 | 30.6 | 29.4 |
| 31 | 30.8 | . | 30.9 | . | 33.5 | . | 30.3 | 28.4 | . | 30.0 | . | 29.3 |
| PROMEDIO | 30.2 | 30.8 | 31.1 | 31.2 | 31.4 | 31.3 | 30.2 | 30.7 | 29.8 | 29.3 | 30.7 | 30.9 |

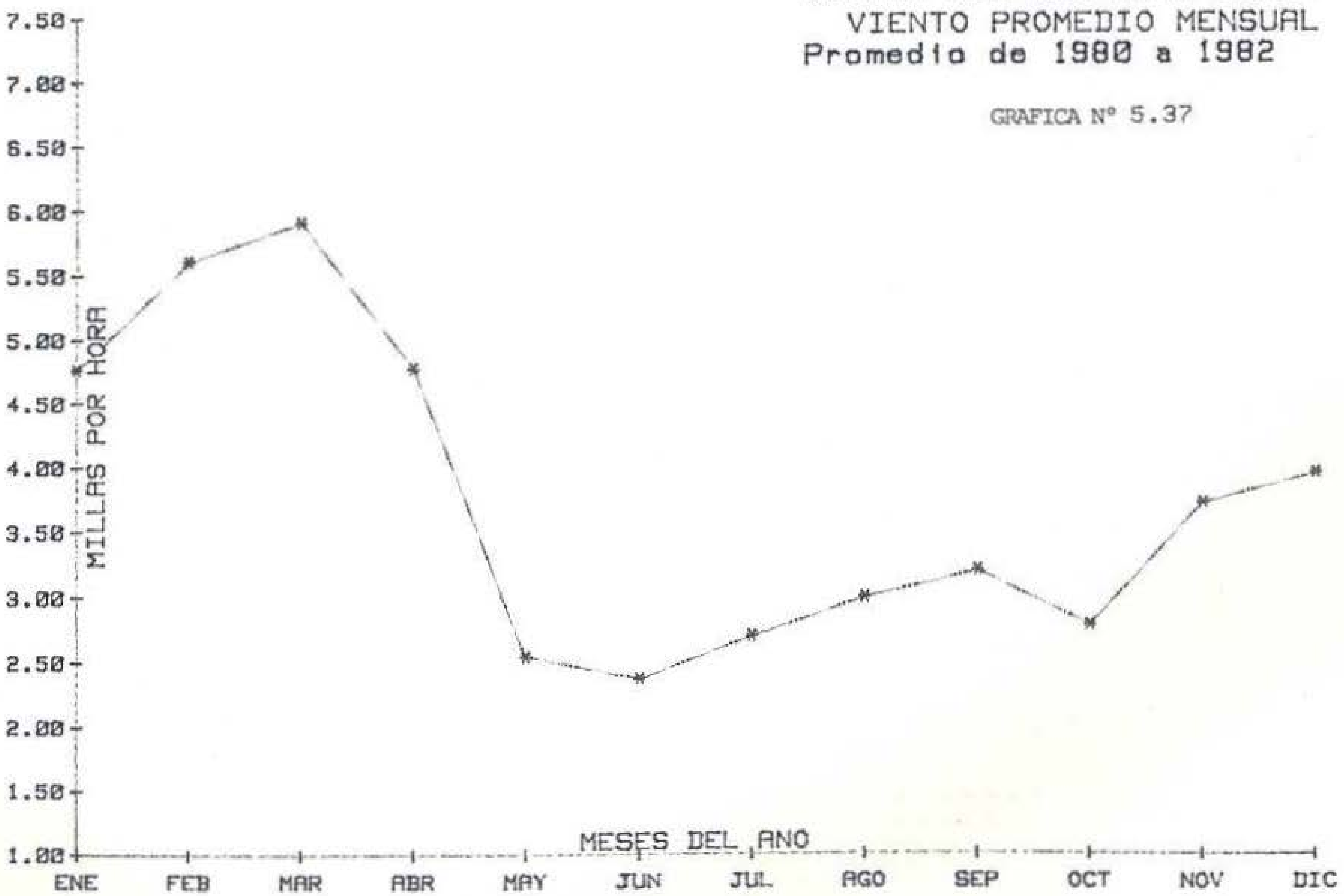
TABLA N° 5.25

## I. VIENTOS

Los vientos en la región de la cuenca del Río Agua Salud también son afectados por la migración anual del cinturón de alta presión del Atlántico. Las variaciones en el comportamiento del viento durante los 12 meses es consistente durante los 3 años de estudio (gráfica No.5.36). Los vientos alisios son típicos en esta región al igual que los provenientes del noreste, los cuales son generalmente uniformes en su velocidad y dirección, lo cual ayuda a reducir las variaciones diarias dentro de los elementos climáticos. Las mayores velocidades de los vientos fueron registradas durante el período de la estación seca, debido a que los vientos del noreste son predominantes y obteniéndose los valores máximos durante los meses de febrero y marzo (gráfica No.5.37). Mayo, junio y julio se destacaron por la baja intensidad de los vientos con calmas frecuentes y dirección variable. Ocasionalmente este patrón es alterado por ráfagas al inicio de las tormentas. Los meses de la estación lluviosa mantuvieron un comportamiento promedio con respecto al resto del año.

Los cambios durante el día se mantienen en ambas estaciones y reflejan un incremento gradual desde un mínimo en el ocaso hasta un máximo aproximadamente en el mediodía, con una subsiguiente disminución gradual. Las tablas No.5.26 a 5.28 muestran los comportamientos diarios durante los tres años de estudio. Con respecto a los resultados obtenidos es de notar que en promedio, el año de 1980 obtuvo las mayores velocidades con 4.38 mph como promedio seguido de 1982 con 3.64 mph y 1981 con 3.28 mph. El mes de marzo obtuvo el máximo promedio por mes con 7.2 mph y el mínimo fue junio de 1981 con 1.1 mph.


VIENTOS
COLOR
ANO
1982
1981
1980
GRAFICA N° 5.36
MILLAS POR HORA
7.50
7.00
6.50
6.00
5.50
5.00
4.50
4.00
3.50
3.00
2.50
2.00
1.50
1.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC


CUENCA DEL RIO AGUA SALUD
VIENTO PROMEDIO MENSUAL
Promedio de 1980 a 1982
GRAFICA N° 5.37
MILLAS POR HORA
7.50
7.00
6.50
6.00
5.50
5.00
4.50
4.00
3.50
3.00
2.50
2.00
1.50
1.00
MESES DEL ANO
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEP
OCT
NOV
DIC

VIENTOS (MPH)

1980

| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.0 | 8.4 | 5.2 | 6.2 | 3.8 | 2.9 | 4.8 | 1.4 | 3.7 | 2.4 | 5.2 | 5.4 |
| 2 | 4.8 | 6.7 | 7.6 | 4.5 | 2.6 | 3.4 | 6.1 | 4.6 | 2.5 | 3.0 | 4.7 | 3.7 |
| 3 | 5.5 | 5.9 | 6.8 | 4.0 | 2.3 | 2.9 | 3.7 | 3.3 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 3.9 |
| 4 | 3.2 | 6.1 | 5.5 | 4.6 | 5.7 | 2.7 | 4.8 | 3.7 | 4.3 | 2.9 | 2.0 | 3.9 |
| 5 | 4.1 | 3.6 | 4.3 | 6.1 | 4.5 | 4.8 | 4.6 | 3.5 | 3.6 | 3.1 | 2.4 | 7.3 |
| 6 | 7.6 | 3.8 | 7.4 | 7.0 | 4.4 | 4.5 | 4.8 | 1.8 | 5.4 | 2.4 | 2.5 | 3.0 |
| 7 | 7.5 | 6.4 | 8.7 | 6.7 | 6.0 | 4.2 | 5.3 | 3.3 | 3.5 | . | 5.1 | 4.4 |
| 8 | 4.6 | 6.3 | 8.1 | 4.9 | 2.5 | 7.2 | 4.9 | 2.5 | 3.2 | . | 4.2 | 5.5 |
| 9 | 4.2 | 7.3 | 5.8 | 6.1 | 2.4 | 5.0 | 4.8 | 2.8 | 2.6 | .3 | 2.7 | 7.1 |
| 10 | 4.8 | 5.0 | 6.7 | 7.5 | 3.1 | 2.8 | 3.2 | 3.3 | 3.2 | 3.3 | 3.7 | 5.3 |
| 11 | 5.4 | 5.3 | 6.3 | 6.4 | 4.3 | 2.1 | 3.2 | 2.6 | 3.7 | 2.4 | 4.8 | 3.9 |
| 12 | 5.3 | 5.6 | 7.5 | 6.1 | 3.8 | 1.5 | 4.3 | 3.9 | 3.4 | 2.9 | 3.7 | 2.9 |
| 13 | 4.6 | 8.8 | 6.8 | 5.4 | 5.5 | 3.1 | 4.9 | 2.9 | 3.5 | 4.0 | 2.9 | 4.3 |
| 14 | 4.0 | 7.8 | 9.4 | 5.9 | 2.5 | 3.5 | 5.9 | 2.5 | 3.7 | 6.1 | 3.4 | 3.9 |
| 15 | 6.1 | 6.3 | 9.1 | 7.5 | 3.7 | 4.5 | 4.4 | 3.6 | 2.7 | 2.8 | 1.8 | 2.3 |
| 16 | 3.8 | 4.9 | 9.8 | 9.1 | 4.8 | 5.5 | 4.1 | 2.3 | 2.6 | 2.3 | 1.0 | 4.9 |
| 17 | 3.5 | . | 10.7 | 6.3 | 5.8 | 2.8 | 2.8 | 2.3 | 2.1 | 2.7 | 2.9 | 4.7 |
| 18 | 5.5 | . | 7.3 | 6.4 | 3.8 | 2.2 | 1.7 | 2.1 | 4.5 | 3.3 | 3.0 | 4.8 |
| 19 | 7.6 | . | 9.7 | 7.0 | 3.7 | 2.6 | 3.2 | 2.8 | 3.4 | 2.9 | 3.6 | 4.6 |
| 20 | 4.0 | 5.0 | 8.4 | 7.2 | 4.3 | 2.3 | 3.7 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.6 | 4.9 |
| 21 | 6.8 | 5.5 | 8.6 | 7.5 | 4.9 | 2.3 | 2.6 | . | 4.0 | 3.1 | 3.5 | 5.0 |
| 22 | 5.0 | 3.8 | 7.7 | 5.8 | 2.0 | 4.1 | 2.1 | . | 3.9 | 2.4 | 4.2 | 5.0 |
| 23 | 5.2 | 5.3 | 6.3 | 7.5 | 2.2 | 3.8 | 3.3 | . | 3.5 | 3.5 | 3.2 | 4.9 |
| 24 | 6.4 | 5.3 | 6.4 | 4.5 | 2.6 | 7.1 | 3.0 | . | 3.0 | 3.1 | 1.9 | 4.1 |
| 25 | 5.3 | 6.1 | 5.5 | 4.0 | 3.8 | 4.0 | 2.2 | . | 1.8 | 3.2 | 2.9 | 5.9 |
| 26 | 4.2 | 7.2 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 2.4 | 3.5 | . | 1.8 | 2.9 | 3.1 | 4.5 |
| 27 | 6.0 | 8.2 | 7.3 | 5.1 | 2.7 | 3.4 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 3.9 | 2.1 | 4.6 |
| 28 | 4.1 | 6.5 | 7.0 | 5.2 | 2.6 | 4.3 | 2.9 | 3.6 | 2.7 | 1.0 | 3.6 | 3.5 |
| 29 | 5.2 | 5.6 | 6.9 | 6.6 | 2.3 | 5.4 | 3.9 | 2.2 | 2.2 | 4.0 | 5.0 | 3.7 |
| 30 | 7.1 | . | 5.4 | 5.2 | 4.1 | 4.9 | 5.0 | 3.4 | 3.3 | 1.9 | 4.7 | 4.8 |
| 31 | 4.6 | . | 5.8 | . | 2.3 | . | 3.4 | 3.6 | . | 2.3 | . | 5.7 |

PROMEDIO

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.2 | 6.0 | 7.2 | 6.0 | 3.6 | 3.7 | 3.9 | 3.0 | 3.2 | 2.9 | 3.3 | 4.6 |

TABLA N' 5.26

VIENTOS (MPH)

1981

| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.0 | 5.1 | 7.6 | . | 1.6 | 1.1 | 1.3 | 2.2 | 2.4 | 3.9 | 1.4 | 1.9 |
| 2 | 6.9 | 5.1 | 5.0 | . | 1.4 | .4 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 1.6 | 2.1 | 2.7 |
| 3 | 3.3 | 6.7 | 7.6 | 6.6 | 2.1 | 1.3 | 4.1 | .7 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 4.6 |
| 4 | 3.8 | 8.1 | 5.0 | 5.8 | .9 | .6 | .6 | 4.2 | 2.2 | 1.4 | 1.7 | 3.2 |
| 5 | 2.5 | 7.6 | 3.9 | 6.9 | 1.1 | 1.0 | .4 | 4.0 | 2.0 | 2.8 | 1.6 | 2.5 |
| 6 | 5.2 | 4.8 | 5.2 | 9.2 | 1.8 | .9 | .8 | 2.3 | 1.5 | 3.2 | 2.1 | 2.3 |
| 7 | 6.3 | 6.0 | 4.6 | 8.9 | 1.3 | .3 | .7 | 1.2 | 2.4 | . | 5.0 | 3.7 |
| 8 | 6.0 | 4.6 | 2.8 | 6.9 | 1.3 | .6 | .9 | .8 | 2.3 | 1.7 | . | 7.0 |
| 9 | 5.6 | 5.9 | 2.1 | 7.3 | 1.4 | 1.2 | .7 | 1.2 | 4.3 | 2.6 | 3.6 | 6.1 |
| 10 | 5.6 | 5.5 | 2.8 | 9.1 | .9 | 2.2 | .5 | 4.9 | 3.8 | 2.1 | . | 3.9 |
| 11 | 6.0 | 5.8 | 3.2 | 8.5 | 1.1 | 2.0 | .7 | 2.9 | 1.4 | 1.8 | . | 2.3 |
| 12 | 3.9 | 8.2 | 6.9 | 7.0 | 1.0 | .7 | 1.1 | .2 | 3.1 | 2.0 | 5.6 | 3.7 |
| 13 | 7.4 | 7.2 | 7.7 | 3.6 | 2.3 | .6 | 3.3 | .9 | 2.5 | 1.2 | 5.5 | 5.4 |
| 14 | 4.0 | 7.5 | 7.3 | 4.7 | 3.1 | 1.2 | 1.9 | 2.3 | 2.3 | 3.8 | 4.0 | 6.3 |
| 15 | 4.8 | 5.2 | 5.7 | 1.7 | 2.3 | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 1.9 | 6.3 | 4.9 |
| 16 | 3.6 | 5.7 | 6.2 | 2.0 | .5 | 1.1 | 1.0 | 2.3 | 2.4 | 1.1 | 6.2 | 3.6 |
| 17 | 6.0 | 5.1 | 4.6 | 2.4 | .5 | .6 | 1.2 | 2.2 | 4.1 | 2.2 | 6.7 | 3.7 |
| 18 | 3.5 | 6.8 | 5.6 | 1.6 | .5 | .9 | .2 | 2.0 | 3.0 | 3.9 | 5.3 | 4.5 |
| 19 | 3.7 | 6.2 | 6.3 | 2.9 | 1.8 | .8 | 3.5 | 1.4 | 4.5 | 2.5 | 5.3 | 2.4 |
| 20 | 4.7 | 4.6 | 3.9 | 1.1 | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 1.3 | 1.9 | 1.9 | 5.8 | 4.1 |
| 21 | 6.1 | 5.0 | 3.5 | 2.6 | 2.5 | 1.1 | .2 | 3.0 | 1.9 | 2.1 | 5.1 | 4.7 |
| 22 | 4.7 | 4.2 | 2.7 | 2.0 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 2.1 | 7.1 | 2.1 | 2.8 | 4.1 |
| 23 | 6.6 | 5.4 | 3.5 | .4 | 2.3 | .8 | 1.4 | 2.6 | 2.3 | 2.8 | 2.0 | 5.6 |
| 24 | 4.1 | 7.8 | 4.9 | 1.2 | 1.0 | .8 | 2.6 | 1.7 | 1.7 | 3.2 | 2.6 | 5.1 |
| 25 | 4.9 | 10.3 | 5.1 | .8 | 1.5 | .7 | .5 | 1.9 | 1.4 | 2.8 | 3.2 | 2.1 |
| 26 | 4.9 | 8.0 | 3.5 | .7 | .9 | 1.6 | 1.3 | 2.6 | 2.3 | 1.1 | 6.6 | 3.8 |
| 27 | 4.5 | 9.2 | 7.2 | .8 | .9 | 1.3 | .6 | 1.5 | 3.9 | 2.0 | 7.6 | 5.6 |
| 28 | 5.0 | 8.8 | 8.5 | .8 | 1.0 | 1.1 | .8 | 5.5 | 2.7 | 1.7 | 3.7 | 5.3 |
| 29 | 6.9 | . | 4.4 | .8 | 1.0 | 1.5 | .6 | 3.7 | 2.5 | 1.4 | 4.5 | 3.3 |
| 30 | 7.4 | . | 5.2 | 1.2 | 1.8 | .9 | .9 | 1.6 | 2.8 | 1.4 | 2.0 | 3.5 |
| 31 | 5.3 | . | 3.5 | . | 1.2 | . | 1.8 | 2.9 | . | .8 | . | 3.3 |
| PROMEDIO | 5.1 | 6.4 | 5.0 | 3.8 | 1.4 | 1.1 | 1.3 | 2.3 | 2.7 | 2.2 | 4.1 | 4.0 |

TABLA N' 5.27

VIENTOS (MPH)

1982

| DIA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.0 | 5.0 | 5.7 | . | 2.3 | 3.1 | 3.3 | 2.8 | 3.8 | 4.4 | 4.1 | 4.6 |
| 2 | 4.7 | 3.5 | 4.7 | 4.1 | 1.6 | 1.4 | 2.3 | 1.4 | 5.4 | 1.8 | 2.1 | . |
| 3 | 5.5 | 3.6 | 3.9 | 3.7 | 1.5 | 2.0 | 1.4 | 3.6 | 4.0 | 1.9 | 2.0 | 2.9 |
| 4 | 3.3 | 4.9 | 4.3 | 5.2 | 3.5 | 2.0 | 2.9 | 3.6 | 3.9 | 1.5 | 1.6 | 3.7 |
| 5 | 2.6 | 4.8 | 4.0 | 7.7 | 3.2 | .9 | 2.2 | 1.8 | 3.6 | 2.0 | 2.5 | 2.9 |
| 6 | 1.8 | 4.3 | 4.5 | 8.1 | 4.6 | 2.0 | 5.7 | 1.8 | 6.1 | 4.0 | 3.8 | 3.4 |
| 7 | 1.8 | 3.7 | 5.0 | 5.8 | 3.4 | 4.6 | 3.6 | 5.1 | 6.8 | 3.5 | 6.3 | 2.2 |
| 8 | 5.4 | 3.6 | 4.9 | 6.5 | 2.8 | 3.9 | 1.3 | 3.0 | 4.4 | 2.5 | 7.5 | 2.2 |
| 9 | 2.8 | 4.3 | 6.6 | 5.3 | 1.1 | 3.9 | 3.1 | 4.8 | 5.2 | 3.0 | 4.1 | 2.7 |
| 10 | 3.0 | 2.8 | 6.7 | 5.9 | 2.3 | .9 | 3.0 | 3.2 | 3.6 | 2.1 | 3.6 | 3.6 |
| 11 | 3.8 | 3.7 | 4.1 | 4.4 | 2.9 | 1.9 | 4.0 | 4.1 | 3.8 | 2.1 | 2.8 | 3.1 |
| 12 | 3.7 | 3.4 | 4.9 | 2.9 | 2.2 | 2.5 | 1.5 | 2.0 | 4.7 | 2.1 | 3.8 | 2.2 |
| 13 | 6.2 | 4.2 | 6.0 | 1.5 | 3.4 | 1.9 | .4 | 2.8 | 3.0 | 2.0 | 4.8 | 3.6 |
| 14 | 5.8 | 5.9 | 7.1 | 2.5 | 4.1 | 2.1 | 4.8 | 4.3 | 2.3 | 4.8 | 4.3 | 4.4 |
| 15 | 5.2 | 3.5 | 4.6 | 3.0 | 4.1 | 1.1 | 4.2 | 3.8 | 3.4 | 4.5 | 4.4 | 2.7 |
| 16 | 5.1 | 5.6 | 4.5 | 4.0 | 2.0 | .9 | 4.4 | 2.8 | 2.0 | 4.1 | 2.5 | 3.9 |
| 17 | 5.5 | 2.8 | 5.7 | 4.1 | 1.9 | 1.1 | 3.0 | 3.9 | 3.2 | 3.2 | 3.8 | 2.5 |
| 18 | 5.2 | 4.3 | 6.1 | 4.1 | 2.0 | .8 | 2.7 | 3.7 | 2.7 | 5.0 | 3.6 | 2.2 |
| 19 | 5.3 | 2.9 | 4.3 | 3.7 | 1.3 | 1.4 | 3.2 | 3.8 | 4.9 | 6.6 | 3.3 | 2.7 |
| 20 | 4.9 | 2.1 | 7.1 | 5.0 | 1.2 | 2.2 | 3.2 | 3.7 | . | 4.2 | 2.6 | 3.8 |
| 21 | 6.6 | 1.4 | 7.3 | 4.9 | 2.2 | 1.3 | 4.7 | 3.5 | 2.4 | 2.4 | 3.3 | 4.1 |
| 22 | 4.7 | 3.6 | 5.7 | 6.8 | 3.4 | .5 | 2.3 | 6.5 | 2.7 | 2.9 | 3.6 | 3.1 |
| 23 | 3.2 | 6.6 | 6.2 | 4.8 | 5.2 | 2.6 | 3.6 | 5.3 | 3.2 | 2.8 | 4.1 | 3.1 |
| 24 | 3.4 | 6.5 | 5.8 | 4.5 | 1.7 | 3.4 | 4.1 | 3.1 | 3.7 | 2.9 | 4.5 | 3.5 |
| 25 | 3.2 | 9.1 | 6.3 | 5.3 | 3.1 | 2.3 | 1.3 | 2.6 | 2.5 | 1.9 | 4.2 | 2.5 |
| 26 | 3.3 | 6.6 | 5.3 | 4.2 | 3.7 | 4.7 | .7 | 4.1 | 3.4 | 2.1 | 4.8 | 4.0 |
| 27 | 2.1 | 6.1 | 6.6 | 4.2 | 4.1 | 3.8 | 1.6 | 4.6 | 3.7 | 2.8 | 3.1 | 3.6 |
| 28 | 3.0 | 4.0 | 5.3 | 3.8 | 2.4 | 4.2 | .8 | 4.1 | 2.8 | 1.9 | 2.5 | 3.9 |
| 29 | 3.3 | . | 5.6 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 3.4 | 6.3 | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 2.3 |
| 30 | 2.7 | . | 5.2 | 2.4 | 1.5 | 3.4 | 2.6 | 4.6 | 3.8 | 6.3 | 4.2 | 3.0 |
| 31 | 4.2 | . | 5.9 | . | 1.6 | . | 4.9 | 4.1 | . | 5.2 | . | 4.7 |
| PROMEDIO | 4.0 | 4.4 | 5.5 | 4.5 | 2.6 | 2.3 | 2.9 | 3.7 | 3.7 | 3.2 | 3.7 | 3.2 |

TABLA N' 5.28

# CAPITULO V

## A. PROBLEMAS PREDOMINANTES

La serie de puntos que presentaremos a continuación, incluye la mayoría de los problemas hidrometeorológicos, económicos, sociales y funcionales, los cuales presentaron un porcentaje elevado de la dificultad obtenida en la elaboración, funcionamiento y análisis de los resultados de este estudio en la cuenca experimental investigada.

1. Falta de apoyo logístico y económico de otras instituciones que mostraron su interés en la creación de esta cuenca experimental pero no de su mantenimiento y continuidad.

2. Escaso interés y poco realce a la importancia de este proyecto por parte de superiores e instituciones que a diario se ven afectadas por aspectos que en esta cuenca se estudiaron.

3. Deterioro de los higrotermógrafos y pluviómetros instalados dentro de las zonas forestadas de la cuenca experimental, debido al exceso de humedad.

4. Falta de un estudio continuo y completo sobre la humedad de los suelos por el fracaso en la implementación de técnicas de medición nunca antes utilizadas en Panamá (dispersor de electrones).

5. Incapacidad en la utilización de instrumentos medidores de sedimentación (DH-48) en su aplicación a flujos bajos.

6. Falta de consistencia en el registro de lluvia pasante por el deterioro y obstrucción del sistema de recolección y medición dentro del follaje boscoso.

7. Destrucción de las casetas medidoras e instrumentación por casos de vandalismo.

8. Alteración de los registros de descarga debido a la obstrucción por árboles caidos y bañistas dentro de los vertederos.

9. Destrucción de las fundaciones del vertedero No.1 por efectos de erosión.

## B. CONCLUSIONES

En el estudio de los parámetros hidrometeorológicos en la cuenca experimental del Río Agua Salud debemos señalar que se han dado las condiciones hidrológicas favorables durante estos tres años, al tener comportamientos en la precipitación totalmente diferentes. Esto nos permitió observar fenómenos en el clima y en los suelos que de otra forma no hubiesen sido posibles.

Una de las principales razones y en parte incógnita que nos llevó al establecimiento de este estudio fue probada sin lugar a dudas. Toda cuenca experimental que sea seleccionada adecuadamente reflejará en una muy buena medida el comportamiento de una cuenca mayor si sus parámetros en general son similares. Cuencas que posean una vasta extensión de terreno y gran dificultad de acceso podrán ser fácilmente estudiadas por medio de pequeñas cuencas experimentales bien equipadas y con un costo razonablemente bajo.

Los resultados obtenidos demuestran cómo la teoría se aplica a la práctica. Una gran cantidad de principios meteorológicos que no habían sido estudiados profundamente en nuestro país con pruebas de campo, encontraron una respuesta afirmativa durante este estudio.

La simulación y predicción de flujos por modelos matemáticos, obtendrán valores más reales si se incorpora la mayor cantidad de parámetros hidrometeorológicos dentro de su cálculo.

Se ha demostrado la importancia que ha tenido el mantener una continuidad en los registros durante un estudio de esta envergadura. Los tres años que ha durado este proyecto no son suficientes para hacer conclusiones en forma permanente, pero nos permiten tener una idea más clara sobre los parámetros estudiados.

Finalmente, se ha logrado visualizar cómo la deforestación afecta al microclima y los suelos, lo que nos hace reflexionar sobre un estudio futuro basado concretamente en este tema.

## C. RECOMENDACIONES

A continuación presentamos catorce puntos que servirán como base para estudios posteriores en cuencas experimentales.

1. Asegurarse de tener fondos fijos suficientes durante toda la duración del estudio.

2. Darle prioridad a la cuenca experimental con respecto a otros proyectos regulares.

3. Cooperación y contribución de fondos por parte de otras instituciones interesadas, para una mejor utilización de la cuenca experimental.

4. Establecimiento de medios de transporte, instrumentación adiconal y material necesario para el uso exclusivo del proyecto.

5. Utilización de instrumentos electrónicos digitales con memoria para estaciones en sitios muy húmedos.

6. Preferencia por pluviómetros marca Stevens sobre los tradicionales Fischer & Porter.

7. Asignación permanente de personal técnico con experiencia al proyecto durante toda su duración.

8. Incorporación de la estación limnigráfica del vertedero principal al sistema de telemetría de la Comisión del Canal de Panamá.

9. Continuidad del proyecto y mantenimiento adecuado como cuenca experimental modelo de estudio

10. Implementación de estudios biológicos, meteorológicos y edafológicos a través de instituciones relacionadas con estos tópicos.

11. Instalación de cercas protectoras en los vertederos.

12. Establecimiento de estudios similares antes de la construcción de obras de gran importancia que dependan de los efectos climáticos y ecológicos.

13. Instalación de una red hidrometeorológica completa dentro de las regiones forestadas para un mejor entendimiento de los efectos de la deforestación.

14. Publicación de los resultados obtenidos para el conocimiento público y de otras instituciones involucradas.

BIBLIOGRAFIA

BYERS R. Horace, GENERAL METEOROLOGY, Mc Graw Hill Book Co., New York, 1959.

CHANG Jen-Hu, CLIMATE AND AGRICULTURE, Aldine Publishing Co., 1968.

CHAVEZ O., PRIMER CURSO NACIONAL SOBRE CONSERVACION Y MANEJO DE LOS RECURSOS TIERRA Y AGUA, I.I.C.A., Costa Rica, 1976.

CHILDS E. C., AN INTRODUCTION TO THE PHYSICAL BASIS OF SOIL WATER PHENOMENA, A Wiley-Interscience Publication, 1969.

CHOW Ven te, HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY, Mc Graw Hill Book Co. 1964.

EYRE S.R., VEGETATION AND SOILS, Second Edition, Aldine Publishing Co., Chicago, 1968.

FOSTER Edgar, RAINFALL AND RUNOFF, The Macmillan Co. New York, 1948.

ISAZA Morán, IMPORTANCIA DEL MANEJO DE LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMA, RENARE - MIDA, Panamá, 1977.

LINSLEY, KOHLER, PAULHUS, HIDROLOGIA PARA INGENIEROS, Segunda Edición, Latinoamericana S.A., 1977.

MAB, ADMINISTRACION DE CUENCAS PLUVIALES Y CONTROL DEL AMBIENTE, Curso de Formación Regional, 1981.

MALONE Thomas, COMPENDIUM OF METEOROLOGY, American Meteorology Society,1951.

MEINZER Stephen, FOREST ECOLOGY, The Ronald Press Co., New York, 1964.

MOJICA I., INFLUENCIA DE LA COVERTURA BOSCOSA EN EL REGIMEN HIDROLOGICO DE LAS CUENCAS, I.I.C.A., O.E.A., Honduras, 1978.

MORISAWA Marie, STREAMS: THEIR DYNAMICS AND MORPHOLOGY, Mc Graw Hill Co.

NEIRA C., ESTUDIO HIDROLOGICO BASICO DE UNA HOYA HIDROGRAFICA, O.M.M., San José.

PETTERSSEN Sverre, WEATHER ANALYSIS AND FORECASTINGS, Mc Graw Hill Book Co, New York, 1940.

PETTERSSEM Sverre, INTRODUCTION TO METEOROLOGY, Mc Graw Hill Book Co., New York, 1969.

PONCE Marcos, AGROMETEOROLOGIA: FACTOR ESENCIAL PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO, Universidad de Panamá, 1980.

Proyecto Hidrometeorológico C.A., MANUAL DE INSTRUCCIONES DE HIDROMETRIA, P.H.C.A., San José, 1969.

RENARE - MIDA, ELEMENTOS BASICOS DE HIDROLOGIA, RENARE - MIDA, Penonomé, 1977.

SCHULTZ E., PROBLEMS IN APPLIED HYDROLOGY, Water Resourses Publications, 1976.

Soil Science Society of America, FIELD SOIL WATER REGIME, SSSA Special Publication, 1973.

SPURR Stephen, FOREST ECOLOGY, The Ronald Press Co., New York, 1964.

TREWARTHA Glenn, ELEMENTS OF GEOGRAPHY, Mc Graw Hill Book Co., New York.

U.S. Departmend of Agriculture, SCS NATIONAL ENGINEERING HANDBOOK: HIDROLOGY, Soil Conservation Service, Washington, 1971.

WILLET Hurd, SANDERS Frederick, DESCRIPTIVE METEOROLOGY, Second Edition, Academic press Inc., New York, 1959.